This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

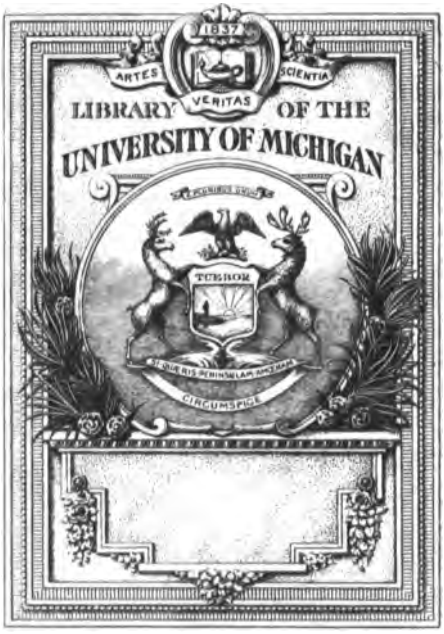
+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

A 814,722


1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE

B1
23
.I13

ÉLÉMENTS DE PSYCHOPHYSIQUE

GÉNÉRALE ET SPÉCIALE

QUESTIONS DE PHILOSOPHIE ET DE SCIENCE

ÉLÉMENTS DE PSYCHOPHYSIQUE

GÉNÉRALE & SPÉCIALE

PAR

J. DELBŒUF

Professeur à l'Université de Liége

MESURE DES SENSATIONS DE LUMIÈRE ET DE FATIGUE

THÉORIE GÉNÉRALE DE LA SENSIBILITÉ

PARIS

LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE ET Cie

108, BOULEVARD ST-GERMAIN

1883

LIÈGE. — IMPRIMERIE DE CH. AUG. DESOER.

Transfer to GL 4-30-73

ÉTUDE PSYCHOPHYSIQUE

RECHERCHES THÉORIQUES ET EXPÉRIMENTALES

SUR LA MESURE DES SENSATIONS

ET SPÉCIALEMENT

DES SENSATIONS DE LUMIÈRE ET DE FATIGUE

« ... Sua cuique homini nullo sunt pondere membra,
« nec caput est oneri collo, nec denique totum
« corporis in pedibus pondus sentimus inesse :
« at quæcumque foris veniunt inpostaque nobis
« pondera sunt lædunt, permulto sæpe minora. »

LUCRÈCE, *De rerum natura*, V. 540 *sqq.*

PRÉFACE.

C'est pour répondre à un vœu qui m'a été souvent exprimé, que je réunis en volumes mes travaux philosophiques dispersés dans les Bulletins de l'Académie royale de Belgique, dans la Revue scientifique et dans la Revue philosophique. Les sujets que j'y traite appartiennent en apparence aux domaines les plus différents. Un seul esprit cependant les anime : la constante préoccupation d'appliquer aux sciences philosophiques les procédés et les résultats des sciences exactes et des sciences naturelles.

Cela ne veut pas dire que la philosophie soit susceptible de devenir jamais une science naturelle. Du moment où une question de métaphysique ou de psychologie s'éclaircit au

point de tomber entièrement sous la juridiction de la balance, du compas, ou du microscope, elle cesse par cela même d'appartenir à la philosophie, et les biologistes, les géomètres, les physiciens la revendiquent comme étant leur propriété exclusive.

La philosophie se compose surtout d'aspirations vagues, de solutions entrevues à travers un brouillard, d'analogies et de généralisations toujours hardies, trop souvent téméraires. Mais ses témérités mêmes sont légitimes, peut-on dire, quand elle a la pleine conscience qu'elle s'appuie, non sur le sol ferme de l'expérience tangible, mais sur le fluide ondoyant et fallacieux de la spéculation. La spéculation, dont on dit tant de mal, et non quelquefois sans raison, est nécessaire à la science, qu'elle stimule vers l'inconnu. Elle lui fait faire souvent fausse route, mais c'est elle aussi qui lui donne l'élan, si elle l'a mise dans le bon chemin. Les fous et les hommes de génie ont bien des points de contact.

Ces quelques mots m'ont paru utiles à dire pour bien préciser le caractère de ces opuscules, que les philosophes de profession pourraient trouver, je le crains, un peu terre à terre, et les hommes de science un peu aventureux. Cette double qualité, que je leur ai entendu maintes fois reprocher, est leur seule raison

d'être et constitue leur seule valeur. Elle se retrouve dans mes publications antérieures. Dans mes Prolégomènes de la géométrie aussi bien que dans mon Essai de logique scientifique, dans ma Psychologie comme science naturelle aussi bien que dans ma Logique algorithmique, toujours j'ai cherché à concilier la philosophie et la science. A cet égard, ces nouveaux ouvrages ressemblent à leurs aînés.

Le présent tome contient la substance de mes deux mémoires sur la psychophysique. Au premier aspect, ils renferment assez bien de mathématiques. Au fond, on n'y trouve, en fait de formules, que ce qui est indispensable pour comprendre la nouvelle science. J'en ai écarté toutes les démonstrations qui s'élèvent au-dessus de l'algèbre la plus élémentaire. J'ai mis en note deux ou trois démonstrations transcendantes, extrêmement courtes, qui ne s'adressent qu'au lecteur familiarisé avec le calcul différentiel, et qui ont pour but principal de faire ressortir certaines analogies.

ÉTUDE PSYCHOPHYSIQUE

RECHERCHES THÉORIQUES ET EXPÉRIMENTALES

SUR LA MESURE DES SENSATIONS

ET SPÉCIALEMENT

DES SENSATIONS DE LUMIÈRE ET DE FATIGUE [1].

INTRODUCTION.

Le problème de la psychophysique. — L'un des problèmes les plus difficiles de la psychologie et de la physique est celui du rapport des faits externes aux faits internes. Nous entendons ici par faits internes les phénomènes qui ne peuvent

[1] Le travail original a paru dans les *Mémoires in-8°* de l'Académie Royale de Belgique (1873) et a été tiré à part (Liège, Desoer). Nous en donnons ici un abrégé d'où l'on a élagué une bonne partie des discussions mathématiques et retranché la plupart des tableaux des expériences faites.

être connus que du sujet chez qui ils se produisent. La parole peut seule en donner aux autres une connaissance bien pâle et bien imparfaite. Grâce à ce signe admirable, nous pénétrons jusqu'à un certain point dans l'âme de nos semblables. A défaut de celui-là ou de signes artificiels calqués sur lui, nous n'aurions avec eux d'autres moyens de communication que le jeu de la physionomie et les mouvements du corps correspondant aux différents états de l'âme. Nous serions à leur égard ce que nous sommes vis-à-vis des animaux dont l'âme nous reste à peu près fermée, et dont nous ne pouvons deviner approximativement les désirs, les joies et les douleurs qu'en vertu d'un raisonnement par analogie bien imparfait.

Le fait externe, au contraire, est essentiellement communicable, en ce sens que tout le monde ou à peu près peut être appelé à le voir et à l'étudier. C'est ainsi qu'une lésion organique peut être mise sous les yeux de tous; mais le malade seul a conscience de l'existence, de l'intensité et de la qualité de sa douleur.

L'*incommunicabilité* du phénomène interne, du phénomène perçu immédiatement par le sens intime, c'est là un fait caractéristique important, et il faut y chercher la source de toutes les difficultés qui entourent la science des rapports de l'âme et du corps.

On sait, par exemple, qu'il existe des personnes chez qui le sens des couleurs est plus ou moins obtus, qui confondent le rouge et le vert, le bleu et le violet. Si vous leur demandez le nom d'une couleur

quelconque, du violet par exemple, elles vous répondront que c'est du bleu. Cette réponse vous surprend : elle vous paraît erronée. Elle ne l'est pourtant pas : ces personnes voient ce qu'elles voient; mais elles sont obligées de se servir d'une langue qui n'a pas été faite pour elles, d'une langue dont les mots qui désignent les couleurs ont une signification qu'elles ne peuvent saisir. Voilà pourquoi, par leurs réponses, elles éveillent chez vous l'idée d'une sensation peut être bien différente de la leur. Il est possible que les daltoniens — ainsi s'appellent ces personnes — ne voient aucune couleur comme le commun des mortels [1]. Leurs sensations restent donc, en dépit de leur langage et des mots, « bleu, rouge, vert, » dont ils usent, dans le fond impénétrable de leur conscience.

Conditions de la mesure des faits internes. — Voilà, au point de vue qualitatif, entre l'expérimentateur et le sujet de ses expériences, une barrière qui paraît difficile à franchir. Il en existe une autre, presque aussi considérable, au point de vue quantitatif. En effet, les phénomènes internes, sensation, douleur, fatigue, bien-être, sont susceptibles d'avoir des intensités bien différentes ; mais le sens intime ne parvient jamais à comparer ces intensités que d'une façon grossière, et son appréciation ne va pas au delà de l'égalité, de la supériorité ou de l'infériorité.

[1] Voir notre Étude sur *le Daltonisme*, faite en collaboration avec M. le professeur W. Spring; elle a paru dans la *Revue scientifique* du 23 mars 1878.

Ma douleur est forte, assez forte, légère, grande, moins grande, aussi grande que celle de la veille — voilà comment s'expriment tous les patients; ils ne peuvent faire usage d'aucun autre terme de mesure.

Or, pour trouver les rapports du physique et du moral, il faudrait pouvoir dresser une double échelle: d'un côté on inscrirait un phénomène physique avec ses degrés divers d'intensité, et de l'autre les intensités respectives du phénomène psychique provoqué. De la comparaison de ces deux séries de nombres, on pourrait tirer une loi, puis de là essayer de remonter à la cause. En dehors de ces conditions, nulle comparaison possible.

Quelques exemples feront mieux saisir notre pensée.

Un homme gravit une montagne. Par son ascension, il effectue un certain travail qui s'évalue par le poids de son corps et la hauteur à laquelle il s'est élevé. Pour chaque mètre franchi, il y a une même quantité de force dépensée. L'épuisement du corps est ici le phénomène objectif, tout à fait assimilable à la dépense du combustible dans une locomotive. Mais à ce phénomène corporel correspond un phénomène subjectif, incommunicable, intraduisible par la parole, c'est la fatigue. La fatigue, elle aussi, croît avec la hauteur à laquelle on parvient, mais elle croît beaucoup plus vite que la dépense de force. Le millième mètre ne demande pas plus de travail que le premier, et cependant il produit plus de fatigue. D'après quelle loi croît-elle? Il y a sans doute une étroite relation entre l'épuise-

ment du corps et la fatigue; mais quelle est cette relation? Pour la trouver, il n'y a qu'un seul moyen : c'est d'inscrire en face de l'échelle des hauteurs l'intensité respective de la fatigue aux différents points de la montagne. Pour cela il faudrait mesurer la fatigue, pouvoir la rapporter à une unité de fatigue et l'exprimer en nombres : fatigue = 1, fatigue = 2, fatigue = 5, etc. Or c'est là une très grande difficulté. Et pourtant il faut la surmonter si l'on veut jeter du jour sur la question et rechercher la cause de la fatigue.

Prenons d'autres exemples. On sait par expérience aujourd'hui que ces grands concerts vocaux et instrumentaux où les exécutants se comptent par centaines ne produisent pas à beaucoup près l'effet qu'on en attendrait; c'est-à dire qu'un nombre double de chanteurs ne donne pas à notre oreille une sensation d'une intensité double. On sait aussi que, dans les éclipses de soleil, cet astre peut être offusqué dans une portion notable de son disque sans que la clarté du jour nous paraisse notablement diminuée. L'intensité de la sensation ne croît donc pas proportionnellement à l'intensité de la cause extérieure qui la provoque. Il en est de même de la chaleur. Et en général, quand l'action extérieure est trop énergique, elle est perçue non plus dans sa qualité distinctive, mais comme douleur. La très grande chaleur, ainsi que le très grand froid, ne sont plus sentis comme chaleur ou comme froid, mais comme souffrance.

Ici encore, il serait nécessaire, pour trouver la loi d'accroissement du phénomène psychique de la

sensation, de lui appliquer une mesure et de le traduire en nombre. Cette façon de procéder nous paraît la seule susceptible de nous éclairer sur la nature de la cause qui fait que nous sentons et comparons nos sensations. Il faut, en un mot, arriver à dire combien de fois une sensation en vaut une autre de la même qualité.

Historique et terminologie. — Cette question avait été comme entrevue par Euler, Herbart, Bernouilli, Laplace, Buffon, et certains travaux furent faits dans cette direction par Arago, Pogson, et surtout Masson [1] pour les sensations visuelles. Mais le premier qui élargit le cercle des investigations et prépara un travail d'ensemble, fut Weber [2] qui formula une loi à laquelle Fechner a donné le nom de son inventeur. Enfin, c'est à Fechner lui-même que revient la gloire d'avoir coordonné tous les travaux de ses contemporains et de les avoir complétés par ses propres recherches. Les *Éléments de Psychophysique* (Leipzig, 1860) sont désormais un ouvrage classique.

Avant d'entrer directement dans la question, résumons-nous et précisons le sens que nous accordons aux termes dont nous nous servons. Tout agent extérieur produit en nous une modification organique que nous nommons *impression*. La modification, l'impression constitue proprement le fait externe.

[1] *Annales de chimie et de physique*, t. XIV, p. 150; 1845.

[2] WAGNER'S. *Handwörterbuch der Physiologie*, *Tastsinn*.

On peut admettre que cette modification est proportionnelle à l'intensité de la cause extérieure agissante; nous pouvons donc, sans erreur sensible, substituer la mesure de celle-ci à la mesure de celle-là. Ainsi pour le cas qui nous occupe spécialement, nous pouvons admettre que les modifications subies par notre appareil visuel sous l'action de la lumière sont proportionnelles à l'intensité de cette lumière, et mesurer celle-ci au lieu de celle-là. Cette cause agissante nous l'appelons *excitation*. Au fait externe de l'impression correspond presque toujours dans l'âme un fait interne qui nous est révélé par le sens intime, et est, par suite, incommunicable. Ce fait interne c'est une *sensation* ou un *sentiment*. Dans le langage philosophique on réserve proprement le mot *sensation* pour les faits internes correspondants aux modifications des organes des sens, et le mot *sentiment* pour les faits internes dont nous ne localisons pas dans un appareil spécial le fait externe corrélatif. On dit : une sensation lumineuse, auditive; un sentiment de fatigue, de douleur, de plaisir. Cependant, pour rendre notre langage plus uniforme, nous disons parfois : une sensation de fatigue. Dans le titre même de cette étude nous avons déjà usé de cette licence.

Les trois méthodes généralement usitées pour mesurer les sensations. — Exposons successivement les trois méthodes actuellement connues qui permettent de mesurer les sensations. A proprement parler, ces méthodes conduisent seulement à une loi formulant les rapports de l'excitation et de la sensation, et par suite elles ne pourraient

fournir que la mesure *relative* des sensations. Mais, comme les inventeurs de cette loi prennent pour unité de sensation la sensation différentielle, c'est-à-dire la plus petite sensation perceptible, on peut dire de cette loi, et, par conséquent, de ces méthodes, qu'elles conduisent à la mesure des sensations [1].

La première peut être appelée la méthode des plus petits accroissements perceptibles; la seconde, celle des cas vrais et faux; la troisième celle des erreurs moyennes *(Methode der eben merklichen Unterchiede — der richtigen und falschen Falle — der mittleren Fehler).*

Le principe de la première est bien simple. Soient, par exemple, A et B deux poids à soulever et à comparer. Si la différence de ces deux poids est très faible, il peut arriver qu'on ne la perçoive pas et qu'on les juge égaux. Par contre, si cette différence est considérable, elle n'échappera pas à l'observation. Si donc on fait croître la différence *d* des poids A et B, il arrivera un moment où, d'imperceptible qu'elle était, elle deviendra appréciable. Il va de soi que la sensibilité du sujet pour juger de cette différence est d'autant plus grande que cette différence *d* est plus petite. En conséquence on pose que la sensibilité est, pour deux poids donnés, inversement proportionnelle à *d*, c'est-à-dire à leur plus petite différence perceptible.

Quand on use de cette méthode, il est bon de procéder alternativement de deux façons opposées.

[1] Voir plus loin la correspondance échangée avec M. J. Tannery.

On fait d'abord croître la différence *d* jusqu'à ce qu'elle devienne perceptible; puis on la fait décroître jusqu'à ce qu'elle cesse de l'être.

La seconde méthode est, pour ainsi dire, une conséquence inévitable de la première. Lorsque la différence des poids est suffisamment petite, il y a erreur possible dans le jugement comparatif que l'on est appelé à porter. On désignera le poids le plus fort, tantôt comme le plus fort, tantôt aussi comme le plus faible. En un mot, pour chaque couple de poids à comparer, sur un nombre donné de jugements, il y en aura un certain nombre de vrais et un certain nombre de faux. Plus la différence des poids sera considérable, plus le nombre de jugements vrais croîtra aux dépens de celui des jugements faux; ou encore, plus la fraction qui aura pour numérateur les jugements vrais et pour dénominateur le nombre total des jugements, se rapprochera de l'unité. Soit *m* un rapport de cette nature obtenu par la comparaison des deux poids A et B. On pourra chercher à déterminer le poids *b* qui, comparé avec un poids donné *a*, amène le même rapport *m* des cas vrais au nombre total des cas, et ainsi de suite. On pose que, pour un rapport donné, la sensibilité est inversement proportionnelle à la différence des poids.

Quant aux cas où le jugement reste indécis, il y a controverse sur le rôle qu'on doit leur donner dans les calculs.

La troisième méthode consiste, étant donné un poids fixe A, à déterminer par le sentiment un poids B qui paraisse lui être égal. En général, le poids B

différera du poids A d'une quantité plus ou moins grande *e*. Plus cette erreur est considérable, plus on peut regarder la sensibilité comme obtuse. On répète donc cet essai un grand nombre de fois, on ajoute les erreurs négatives et les erreurs positives, abstraction faite des signes, et l'on divise le total par le nombre des essais. On obtient ainsi l'erreur moyenne. On pose encore une fois que la sensibilité est inversement proportionnelle à *e* l'erreur moyenne.

Ces méthodes sont applicables, on le voit sans peine, aux sensations de lumière, de son, de chaleur, etc.

La première fut employée par Delezenne pour déterminer avec quel degré de précision nous pouvons apprécier par la sensibilité les écarts de la pureté des intervalles musicaux. Masson s'en servit pour les sensations lumineuses; Weber, pour les poids et pour les grandeurs évaluées à l'aide du toucher et de la vue; enfin Fechner lui-même, pour la lumière, la température et pour les grandeurs mesurées par l'œil.

Critique des méthodes. — La première méthode est la plus simple, la plus directe et celle qui a le moins besoin du secours du calcul. Elle donne en gros des résultats satisfaisants. C'est assez dire que le manque de précision est son plus grand défaut. Où et quand une différence dans l'excitation extérieure cesse-t-elle d'être perceptible? On voit d'ici quel vaste champ il reste au doute. Nous n'en citerons qu'un exemple.

Supposons, pour fixer les idées, un secteur circulaire de dix degrés, découpé dans un carton blanc

d'un décimètre de rayon. Imaginons que, sur une étendue de cinq centimètres à partir du bord extérieur, on enlève un degré, de sorte que la partie échancrée du secteur ne présente plus qu'un développement de neuf degrés. Si l'on fait tourner ce secteur rapidement devant un fond noir, on produira deux zônes grises dont l'une sera un peu plus blanche. En faisant abstraction de la lumière renvoyée par le fond noir, les deux zônes auront des éclats qui seront entre eux comme 9 est à 10.

Supposons maintenant qu'on ait ajouté à l'appareil un autre secteur circulaire dont l'angle soit susceptible de croître d'une manière continue, par exemple, depuis 60 jusqu'à 120 degrés [1], et qui commence par être recouvert partiellement du carton que nous venons de décrire. Les éclats respectifs des deux zônes seront d'abord entre eux comme 60 : 61; puis comme 61 : 62 ; puis comme 62 : 63; jusqu'à ce qu'ils deviennent comme 129 : 130. Naturellement cette différence d'éclat tend à disparaître. Or, une même personne jugera la différence nulle tantôt quand le rapport sera de 70 : 71 ; et tantôt quand il sera de 120 : 121. On voit par là combien il est difficile de déterminer le point d'apparition ou de disparition d'une différence dans les éclats, et comment on est vite conduit à employer la seconde méthode, celles des cas vrais et faux.

Celle-ci, de son côté, exige beaucoup de temps et de patience. Il faut, pour que les résultats qu'elle

[1] Ce résultat s'obtient au moyen de deux secteurs de 60 degrés glissant l'un derrière l'autre.

fournit aient une certaine valeur, qu'ils soient basés sur d'innombrables expériences; et des essais prolongés pendant des mois entiers suffisent à peine pour donner une série satisfaisante de chiffres.

On peut en dire autant de la méthode des erreurs moyennes.

Cependant c'est toujours à la première que l'on revient, parce qu'elle fournit des résultats faciles à interpréter, et parce qu'elle est presque toujours applicable, tandis qu'il n'en est guère ainsi des deux autres.

La méthode à laquelle nous avons eu recours est différente; elle se fonde sur les *contrastes*.

La loi dite de Weber. — Ces méthodes conduisent à des résultats sensiblement concordants. Si nous confondons sous le terme général d'excitation, la cause, quelle qu'elle soit, lumière, son, poids, etc., qui fait que nous éprouvons une sensation déterminée, il ressort des chiffres obtenus une loi remarquable, vraie dans certaines limites, à laquelle Fechner a donné le nom de *loi de Weber*. En voici la formule :

Tout accroissement constant de la sensation correspond à un accroissement d'excitation constamment proportionnel à cette même excitation.

Quelques chiffres nous mettront à même de saisir la signification de ce rapport.

Ainsi, par exemple, la différence de deux poids n'est perceptible que si l'un surpasse l'autre de 1/17. Si je pèse simultanément, 17 grammes et 17.5 grammes, cette différence d'un demi-gramme pourra passer inaperçue. Mais je saisirai à coup sûr (sup-

posons-le) une différence d'un gramme. Si maintenant je compare 17 kilogrammes et 17.5 kilogrammes, cette nouvelle différence d'un demi-kilogramme pourra ne pas se faire sentir. Et pour que la différence des deux poids soit perceptible, il faudra qu'elle s'élève à un kilogramme. Pour produire un accroissement de sensation déterminé — c'est ici le plus petit accroissement perceptible — il faut donc que l'accroissement d'excitation croisse proportionnellement à celle-ci, qu'il soit d'un gramme sur 17 grammes, d'un kilogramme sur 17 kilogrammes, etc.

De même, supposons que, sur mille jugements comparatifs portés sur les deux poids 17 grammes et 17.5 grammes, il y en ait 700 vrais et 300 faux; pour que deux poids comparés, dont l'un est 17 kilogrammes, fournissent sur mille jugements le même nombre de jugements vrais, il faut que l'autre poids soit de 17.5 kilogrammes.

Appliquons enfin la troisième méthode: admettons que, essayant de trouver par le sentiment un poids égal à 17 grammes, on commette une erreur moyenne de 8 décigrammes; la substitution d'un poids de 17 kilogrammes donnera une erreur moyenne de 8 hectogrammes.

Cette loi est d'ailleurs conforme à des faits d'expérience journalière. La lumière d'une bougie, brillante dans l'obscurité, a peu d'éclat pendant le jour, et devient nulle en plein soleil. Le rayonnement de cet astre éteint les étoiles; celui de la lune le fait également, mais dans de moindres proportions. Le tic tac de la pendule, si sonore dans le

silence de la nuit, ne frappe pas notre oreille au milieu des bruits de la journée. On entend à peine en chemin de fer un voisin qui parle à voix haute. On se trompera de quelques millimètres dans le jugement qu'on portera sur une ligne d'un décimètre ou deux. L'erreur sera de plusieurs mètres si la distance est plus grande, comme celle, par exemple, de deux arbres dans une plaine.

Voici d'ailleurs quelques chiffres recueillis par l'expérience. Le rapport de l'accroissement d'excitation à l'excitation serait :

pour la pression.	1/3;
pour la température	1/3;
pour l'intensité du son	1/3;
pour la lumière.	1/100;
pour les distances horizontales perpendiculaires à l'axe visuel.	1/50.

Fechner a revêtu la loi de Weber d'une forme originale toute mathématique et plus élégante [1].

On voit, en effet, que pour faire croître la sensation d'une quantité constante qu'on appelle le plus petit accroissement perceptible, c'est-à-dire par conséquent, pour faire croître la sensation en progression arithmétique, il faut ajouter à l'excitation un accroissement qui soit toujours avec elle dans un rapport constant; en d'autres termes, qu'il faut faire croître l'excitation suivant une progression géométrique. De là cette formule que la sensation

[1] Voir la critique de HERING, dans l'article *Hering contre Fechner*.

croît comme le logarithme de l'excitation, car les nombres qui sont en progression géométrique, ont des logarithmes qui croissent en progression arithmétique; soit en termes algébriques :

$$S = k \log E,$$

formule où k est une constante [1].

Si on la construit géométriquement, on obtient la figure suivante qui représente la courbe des sensations de pression. Celles-ci, comme on l'a vu, croissent d'un accroissement perceptible quand l'in-

[1] Voici pour les mathématiciens, la mise en équation et le calcul. Soit ds un accroissement de sensation infiniment petit produit par un accroissement d'excitation $d\varepsilon$, ε étant l'excitation principale primitive, on a, d'après l'expérience :

$$ds = k \frac{d\varepsilon}{\varepsilon}.$$

c'est-à-dire, pour que l'accroissement ds reste constant, il faut que le rapport $\frac{d\varepsilon}{\varepsilon}$ reste aussi constant.

De là, en intégrant, il vient :

$$S = k \log \varepsilon + c,$$

c étant une constante à déterminer.

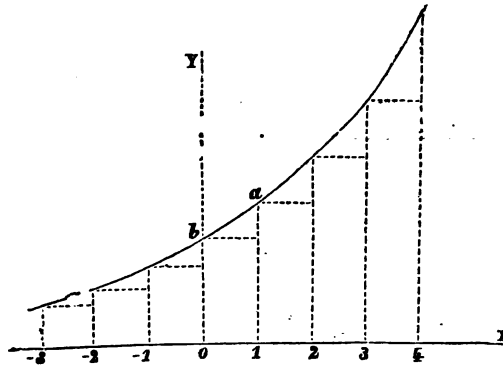
Si l'on admet que, pour $S = 0$, on a $\varepsilon = \varepsilon_0$, il vient :

$$S = k \log \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}.$$

Si l'on pose $\varepsilon_0 = 1$, c'est-à-dire, si l'on prend l'excitation ε_0 pour unité, la formule se simplifie, et l'on a :

$$S = k \log E.$$

tensité des poids croît d'un tiers. Les sensations y sont portées sur l'axe X des abscisses; les excitations correspondantes se mesurent suivant l'axe des Y, étant représentées par la longueur des ordonnées élevées sur l'axe des X jusqu'à la rencontre de la courbe.



Comme on le voit, cette courbe est, de sa nature, infinie dans les deux sens, elle ne coupe jamais l'axe des X, et la sensation-unité y correspond à une excitation marquée par l'ordonnée *a*1.

CRITIQUE DE LA FORMULE DE FECHNER.

La formule, ainsi que la figure, soulève différentes difficultés, tant *mathématiques* que *physiques*. Elles seront examinées en détail dans des articles

subséquents [1]. Pour le moment, nous nous contenterons de faire remarquer qu'il en résulte :

1° Que pour une excitation $\varepsilon = \varepsilon_0 = 1$, on a une sensation $S = 0$;

2° Que pour une excitation moindre que ε_0 ou l'unité, on a une sensation négative;

3° Enfin, que pour une excitation $\varepsilon = 0$, la sensation devient égale à l'infini négatif.

Ce sont là des conséquences inadmissibles. Aussi a-t-on cherché à les justifier. Il suffira d'exposer les explications pour en mettre au jour le côté faible. Nous allons passer successivement ces trois points en revue.

La sensation nulle. Le seuil. — Premier point : la *sensation nulle* correspond à une excitation finie et positive.

Cependant le sens commun conduit à mettre la sensation $= 0$ en correspondance avec l'excitation $= 0$, le repos de l'œil avec l'absence de lumière, le repos de l'ouïe dans le silence, etc. Voici comment on cherche à échapper à ce reproche.

De même, dit-on, qu'il y a des poids tellement faibles qu'aucune balance ne peut les accuser, de même il y a des excitations tellement légères que les sensations qu'elles provoquent passent inaperçues. C'est ainsi que le son d'une cloche s'affaiblit à mesure que nous nous éloignons, et finit par ne plus être perçu bien que les ondes sonores qu'elle émet n'aient pas de point d'arrêt. On n'entend pas une

[1] Notamment dans la correspondance avec M. J. TANNERY, et dans les articles sur HERING et FECHNER.

fourmi marcher et l'on entend le bruit d'une fourmilière. On a vu d'ailleurs qu'une différence de poids, de température, de lumière peut fort bien ne pas être perçue. Appelons donc sensation = 0, la première sensation qui se révèle à la conscience quand l'excitation a acquis un degré suffisant d'intensité, soit, par exemple, le poids de 1/50 de gramme, ou le bruit que produit à la distance de 9 centimètres [1] un milligramme de moelle de sureau tombant d'un millimètre de hauteur sur une plaque de verre, etc. Le zéro correspond donc au point où la sensation apparaît ou disparaît. La sensation ne commence pas avec une quantité d'excitation nulle, mais avec une quantité d'excitation finie et supérieure à 0 — c'est ce qu'on nomme le *seuil*. C'est ainsi, du reste, que les logarithmes commencent non avec le zéro, mais à partir d'une quantité finie, à savoir l'unité, puisque le logarithme de l'unité est zéro [2].

Devons-nous insister sur l'impossibilité d'établir une comparaison entre des quantités concrètes comme la sensation et l'excitation, et des quantités abstraites comme les nombres et leurs logarithmes? Quand il s'agit de ces dernières, un simple changement analytique modifie la place ou la signification du zéro [3].

[1] La distance exacte serait, paraît-il, de 91 millimètres. — Cf. WUNDT, *op. cit.*, t. 1, p. 120.

[2] FECHNER, *Éléments de psychophysique*, t. II, p. 11.

[3] La courte discussion qui figure ici dans mon mémoire sur la nature des logarithmes a été reportée dans l'article sur *le nouveau livre de Fechner*.

On a dit encore : la sensibilité se manifeste d'une manière ondulatoire. Une cloche ébranle au loin les airs — on n'entend rien. — On s'approche, puis on entend quelque chose. — Le bruit semble rester constant pendant quelques secondes, puis tout à coup on remarque qu'il a crû en intensité — et ainsi de suite, à mesure que l'on approche de la source du son. Il y a donc des espèces d'ondes sensibles, comme il y a des ondes sonores et des ondes lumineuses. La sensibilité, bien qu'au fond elle se développe d'une façon continue, semble pour l'œil de la conscience se développer par saccades, par sauts brusques ; elle a ses phases conscientes et ses phases inconscientes comme l'air dans les tuyaux sonores a ses phases de dilatation et de condensation [1].

En dépit de tout ce qu'il y a de vrai et d'ingénieux dans cette explication, il n'en est pas moins juste de dire que même la sensation $= 0$, telle que l'entend Fechner, n'est pas nulle, qu'elle est une sensation positive et déterminée, que la sensation $= 0$ est en deçà de cette première sensation perceptible.

[1] Voir FECHNER, *op. cit.*, t. I, p. 238, *sqq.*, et t. II, pp. 12-15. Cette théorie des ondes sensibles, en germe dans Herbart (*Œuvres complètes*, éd. HARTENSTEIN, t. V, p. 341), dérive, en dernière analyse, de ce que la sensation unité n'est pas une sensation réellement différentielle, mais une sensation finie; et, par suite, la différence entre deux sensations, si rapprochées qu'elles soient pour l'intensité, est encore finie. Voir d'ailleurs l'article sur FECHNER.

La sensation négative. — Passons maintenant à la discussion de la notion de *sensation négative.*

Il semblerait résulter de ce qui précède que toutes les sensations autres que la sensation = 0 et les sensations positives qui la suivent, dussent être égalées à zéro. Mais c'est là une chose mathématiquement impossible. Car, d'après la formule, ces sensations non perceptibles deviennent des sensations négatives.

Nous pourrions *à priori* rejeter des sensations négatives, parce que les sensations sont nécessairement quelque chose, et que l'expression *sensation négative* est un non-sens. Fechner, tombant ici dans l'erreur des mathématiciens qui veulent, avant la discussion du problème, interpréter toute espèce de résultat, fait, ou plutôt semble faire de la sensation négative une sensation très-faible dont on n'a pas conscience : on ne peut pas dire que ce n'est pas une sensation, pas plus qu'on ne peut dire d'un poids très-petit que ce n'est pas un poids. D'ailleurs il ne faudrait pas croire, ajoute-t-il, qu'une excitation très-petite, pour ne pas produire de sensation perceptible, passe cependant tout à fait inaperçue. Sans doute, si l'on veut comparer deux poids, l'un de mille grammes, l'autre de mille et un grammes, cette différence d'un gramme sera peu sensible. Pourtant, si l'on fait faire cette comparaison à mille personnes, il s'en trouvera probablement plus de cinq cents qui jugeront le second poids plus fort que le premier.

Mais alors, si la sensation négative est quelque

chose, ce n'est qu'analytiquement qu'elle peut être représentée par une quantité négative, et la formule ne peut prétendre à exprimer la réalité des faits. Un simple changement d'origine — voir la figure — peut transformer les sensations négatives en positives, et réciproquement; et ainsi tombe la distinction si commode entre sensations perçues et sensations non perçues.

La sensation égale à l'infini négatif. — On est amené à faire des observations semblables quand on se demande à quoi correspond une sensation réellement nulle, c'est-à-dire produite par une excitation nulle. Cette sensation est représentée par l'infini négatif; et on la définit une sensation qui est plus inconsciente que toute autre. Mais la quantité qui est plus petite que toute quantité donnée étant le zéro, pourquoi la sensation nulle n'est-elle pas représentée par 0? Pour conserver le symbole 1/0, il faudrait soutenir qu'il n'y a pas de sensation nulle. Il en existe pourtant, si toutefois on peut ainsi parler : est nulle, par exemple, la sensation de lumière qu'éprouvent les êtres privés d'yeux, comme certains mollusques, certains insectes, certains vertébrés [1]. On en pourrait dire autant de chacun de nos sens. S'il existe des êtres qui sont en rapport avec le monde extérieur par d'autres sens que ceux qui nous sont connus, les sensations que ces êtres éprouvent par l'intermédiaire de ces sens sont nulles

[1] Ceci étant encore sujet à certaines restrictions pour le cas où l'animal serait privé des organes de la vue par suite d'une dégénérescence.

chez nous. Mon œil fermé peut sans doute avoir des sensations lumineuses; celui qui devient aveugle par accident peut éprouver encore de semblables sensations. L'aveugle de naissance éprouve, probablement, mais sans qu'il rende compte, des sensations qu'on peut appeler, si l'on veut, lumineuses. Mais à coup sûr, celui-là qui, par sa nature, n'a pas d'yeux, ne sent rien de lumineux. Ma main ne voit pas, absolument pas. Il y a donc certainement des sensations nulles.

Résumons et concluons. La formule : $S = k \log E$, en la supposant exacte, ne peut avoir qu'une portée analytique et ne fait pas comprendre les phénomènes dans leur réalité. Entre autres conditions, pour qu'une formule exprime le rapport de la sensation à l'excitation, il faut que la sensation y soit nulle pour une excitation nulle, et que la sensation ne puisse jamais devenir négative, pas plus que l'excitation, ces deux quantités étant essentiellement positives.

Désaccord entre la formule et les faits d'expérience. — Passons en revue maintenant les difficultés physiques.

La formule : $S = k \log E$ nous donne, pour la différence de deux sensations S et S', l'équation :

$$S - S' = k \log \frac{E}{E'},$$

c'est-à-dire que la différence de deux sensations reste constante quand le rapport des excitations reste constant.

Appliquons cette formule à un exemple. L'effet qu'une gravure produit sur notre œil résulte des oppositions entre les teintes claires et les teintes foncées. Admettons que les teintes sombres renvoient à l'œil un vingtième de la lumière des teintes claires. Il résulte de la formule que peu importe la quantité de lumière qui éclaire la gravure, l'effet produit doit rester le même, puisqu'on aura toujours : $\frac{E}{E'} = 20$, E représentant l'éclat des teintes claires, E'' celui des teintes sombres.

C'est ce que l'expérience nous montre avoir lieu *entre certaines limites* [1]. Mais elle nous apprend aussi que, si le jour baisse considérablement, on finit par ne plus rien distinguer du tout. Réciproquement, si la lumière est très-vive, les teintes semblent tendre à l'uniformité. C'est ainsi que, dans un paysage éclairé par la pleine lune, l'opposition entre l'ombre et la lumière est plus marquée que pendant les quartiers ou la nouvelle lune, et plus

[1] MASSON (*Annales de chimie et de physique*, t. XIV; 1845) a fait une remarque analogue, et constaté que cette constance de notre sensibilité à juger des rapports lumineux, indépendamment de l'intensité de l'éclairement général, n'avait lieu que quand cet éclairement ne dépassait pas certaines limites. « En faisant, dit-il, varier l'intensité de l'éclairement, j'ai trouvé que, *quand il était suffisant pour qu'on pût facilement lire dans un in-octavo*, la sensibilité ne variait pas pour un même individu. Ainsi, comme Bouguer l'avait reconnu, la sensibilité de l'œil est indépendante de l'intensité de la lumière. »

marquée aussi qu'en plein soleil. Et l'on conçoit sans peine que, d'un côté, la nuit devienne assez sombre pour faire disparaître tous les détails, et que, d'un autre côté, l'éclairement soit assez grand pour que ces détails s'évanouissent dans un éblouissement général. Ainsi on éprouve autant de difficulté à lire à une trop grande clarté qu'à une trop faible lueur. C'est, d'ailleurs, ce qu'on peut mettre en évidence par une expérience bien simple.

Imaginons trois anneaux concentriques contigus de deux à trois centimètres de largeur et de teintes graduées ; le centre et le fond sont noirs. L'anneau le plus rapproché du centre est clair, l'anneau extérieur est d'un gris sombre ; et la teinte de l'anneau moyen a été choisie telle que, pour un éclairage donné, celui, par exemple, d'une bougie placée à la distance de 25 centimètres, elle paraisse exactement intermédiaire entre celle des deux anneaux qui l'avoisinent. Or, si j'éloigne la bougie, c'est-à-dire si je diminue l'éclairement, cette teinte intermédiaire s'assombrit sensiblement et tend à se confondre avec la teinte foncée. Si, au contraire, j'augmente l'éclairement en rapprochant la bougie, l'éclat de l'anneau intermédiaire gagne *comparativement* plus que celui de l'anneau intérieur qu'il vise à égaler. La lumière étant très-faible, on finit par ne plus voir que ce dernier anneau ; et réciproquement, comme nous le démontrerons dans la suite, la lumière peut être assez forte pour que l'ensemble de la figure n'ait plus qu'une teinte uniforme éblouissante. C'est d'ailleurs ce qui se produit presque quand on expose les trois anneaux au soleil.

Insuffisance de la formule aux limites inférieures et supérieures. — Helmholtz fait remarquer à ce sujet que, pendant la nuit, les objets clairs paraissent plus éclatants par rapport à leur entourage que pendant le jour, et il fait la critique de la loi de Weber en ces termes :

« Fechner explique le fait que cette loi ne se vérifie plus pour les éclairements très-faibles ou très-grands, par l'influence de circonstances perturbatrices. Quand l'éclairement est faible, l'influence de la lumière propre de l'œil doit être assez considérable. A l'excitation produite par la lumière extérieure, vient toujours s'ajouter l'excitation produite par des influences internes et qu'on peut représenter par l'excitation que procurerait une lumière d'un éclat E_0. Alors on a plus exactement pour l'expression des petits degrés de la sensation :

$$dS = A \frac{dE}{E + E_0},$$

S représentant la sensation ; ou bien :

$$dE = \frac{1}{A} (E + E_0)\, dS.$$

» Il suit de là que l'accroissement de l'éclat doit être plus grand pour être perçu que si E_0 était nul, et cette différence est considérable quand E est petit. Fechner a là-dessus établi une méthode pour mesurer la force de cette lumière E_0, laquelle méthode, dans tous les cas, suppose que la loi ne souffre d'atteinte que par la présence de cette lumière subjective.

. . . . . .

» L'insuffisance de la loi aux limites supérieures, on pourrait l'attribuer avec Fechner à ce que l'organe commence à se blesser. Les changements intérieurs dans le nerf, qui doivent transmettre au cerveau l'impression, ne pourrait pas dépasser une mesure déterminée sans détruire l'organe, et par suite, à toute action excitante, est posée une limite supérieure à laquelle doit nécessairement correspondre le maximum de la sensation.

» Dans tous les cas il est à remarquer — et une observation minutieuse permet de le constater — que ces circonstances, quelles qu'elles soient, qui, aux limites extrêmes de l'éclairement, viennent infirmer la loi de Fechner, exercent aussi leur influence dans le cas d'éclairement moyen, ce qui n'empêche pas naturellement que cette loi ne soit un premier acheminement vers la vérité. Sans doute le plus grand nombre de peintures, dessins et photographies des objets qui s'offrent ordinairement à la reproduction, sont faciles à juger à des degrés d'éclairement bien divers. J'ai cependant trouvé dans des photographies des dégradations d'ombre qui ne ressortaient qu'à une lumière d'une intensité déterminée et étroitement circonscrite. Il faut notamment mentionner les photographies de paysages où des chaînes de montagnes sont figurées se perdant dans le brouillard. Mais la chose se présenta à moi de la manière la plus frappante dans quelques photographies stéréoscopiques sur verre représentant des vues des Alpes, et où se montraient des parties de névés ou de sommets tout à fait recouverts de neige. Ces surfaces neigeuses, à la lumière

d'une lampe ou d'un jour modéré, semblaient des surfaces uniformément blanches, tandis que, tournées vers le ciel pur, elles laissaient voir des ombres légères qui indiquaient le modelé de la neige, et qui disparaissaient de nouveau dans une lumière plus forte. »

Helmholtz indique ensuite une expérience qui prouve que, suivant l'éclairement, on distingue des cercles gris sur fond blanc ayant 1/135, ou 1/150, ou 1/167, ou 1/117 de l'éclat de ce fond blanc.

Si nous entrons dans un autre domaine que celui de la vision, dans celui des sensations musculaires ou auditives, par exemple, la loi de Fechner donne lieu à des objections de la même importance.

Nous avons vu que la différence des poids de deux corps, pour être perceptible, devrait, en moyenne, égaler en poids la dix-septième partie du plus petit. C'est encore là un résultat qui peut être vrai dans certaines limites, mais qui ne l'est plus quand on s'approche des extrêmes. Ainsi on ne s'apercevra pas de la différence entre un poids de 1/50 de gramme et celui de 18/17 $\times$ 50 de gramme. La différence doit, pour être perçue, être proportionnellement plus forte quand les poids sont si petits. D'un autre côté, si les poids sont très grands, une très faible différence est très sensible. Ainsi celui qui soulève avec peine un poids de 50 kilogrammes, trouvera que celui de 51 kilogrammes est beaucoup plus lourd ; et plus il s'approchera de la limite de ses forces, plus une légère différence lui semblera considérable. Il pourra soulever 100 kilogrammes, qu'il ne pourra pas soulever 100,5 kilogrammes. On peut lancer un caillou

à 100 mètres de soi, qu'on ne parviendrait pas peut-être à le lancer à 101 mètres, même au prix du plus grand effort.

Il en est de même pour l'ouïe. Cent coups de fusil ne font pas moins d'impression que trois cents coups, et le grondement de mille pièces de canons dans une bataille ne produit pas à beaucoup près l'effet qu'on devrait en attendre quand on le compare à celui que cause un coup de pistolet au théâtre.

Défaut de la formule à l'égard de la mesure absolue de l'excitation. — Il est encore d'autres considérations qui mettent en évidence l'insuffisance de la loi. C'est que nous mesurons avec une certaine précision l'intensité des causes extérieures en les rapportant à une unité interne, dont nous dirons quelques mots. Ainsi nous distinguons entre les différentes heures du jour, le matin, le midi, le crépuscule, le soir; le temps nous paraît clair, gris, sombre, noir. Au moment où j'écris, bien qu'il soit près de onze heures du matin, et que le ciel soit sans nuages, je sais que le jour est d'un gris clair. Pour reprendre l'exemple de la gravure, outre que je juge des rapports entre l'éclairement de ses diverses parties, je juge très bien aussi de son degré total d'éclairement. Un bruit se fait-il entendre, je sais, abstraction faite de tout terme de comparaison extérieure, le rapporter aux bruits faibles, ou moyens, ou forts. Le tic tac de la pendule est pour moi un bruit faible, bien que je le perçoive mieux dans le silence de la nuit; et un coup de tonnerre est très-fort, soit qu'il craque isolément, soit qu'il se mêle aux mugissements de

la tempête et du crépitement de la grêle contre les vitres. Il en est de même pour les poids que je juge légers ou lourds d'une façon absolue, et non pas seulement par comparaison des uns avec les autres. On en peut dire autant de la chaleur que nous trouvons faible ou élevée, et du froid que nous trouvons vif ou modéré, en dehors aussi de tout terme de comparaison emprunté à la température extérieure. C'est ainsi encore que nous jugeons absolument du ton d'une note émise à part, et que nous la rapportons plus ou moins exactement à un diapason interne.

Sans doute cette appréciation, dans ce qu'elle a d'absolu, est sujette à bien des erreurs. Descendez au fond d'une mine, promenez-vous-y plusieurs heures, puis remontez brusquement au jour, que le temps soit couvert ou serein, vous serez ébloui comme si le soleil le plus éclatant inondait de lumière un champ de neige. Qu'en pleine chaleur de midi, au milieu de l'été, vous entriez dans une caverne, aussitôt le froid vous saisit et vous glace. Mais, en dépit de ces erreurs passagères, et si faciles à expliquer [1], il n'en est pas moins vrai qu'outre le jugement relatif que nous portons sur le rapport d'intensité de deux causes extérieures agissant sur notre sensibilité, nous portons aussi sur elles un jugement qui a quelque chose d'absolu, en ce que l'unité de comparaison est puisée dans la *nature même de notre sensibilité*. Cette unité subjective et à certains égards invariable, résulte, comme

[1] Voir plus bas.

nous allons bientôt le voir, de la stabilité des conditions nécessaires à l'accomplissement normal de nos fonctions.

Conclusion. — Dans ce qui va suivre nous nous proposons de soustraire la loi de Weber aux objections qu'elle autorise. Pour cela nous en modifierons la formule; mais de plus — et c'est en ceci surtout que consiste l'originalité de notre travail — nous la combinerons avec une autre formule qui permettra de rendre compte de tous les phénomènes de la sensibilité. La première, nous l'appellerons *formule de la sensation*, la seconde *formule de l'épuisement.*

L'une et l'autre s'appuieront en partie sur des considérations théoriques, en partie sur l'observation. Nous les exposerons sous la forme mathématique, et nous en déduirons les conséquences psychophysiques qu'elles renferment. Elles seront ensuite discutées expérimentalement; et ici, nous aurons une distinction capitale à faire. La formule de la sensibilité se prête jusqu'à un certain point à l'expérimentation, et, par conséquent, les nombres obtenus par nous l'établiront, sinon avec une certitude absolue, au moins avec une probabilité très grande, se rapprochant de la certitude scientifique. La seconde, au contraire, ne s'est soumise qu'imparfaitement au contrôle de l'expérience : pour des raisons que nous déduirons plus tard, l'expérimentation, telle que nous l'avons instituée, fournit des nombres difficilement comparables entre eux.

On verra toutefois que, dans de certaines limites, les données expérimentales, si incomplètes qu'elles soient, tendent plutôt à la confirmer qu'à l'infirmer.

Peut-être un jour trouvera-t-on une méthode permettant de la contrôler complètement par l'expérience, et qui la fera adopter ou rejeter définitivement. Mais, quoi qu'il en doive être à cet égard, les considérations théoriques sur lesquelles elle est fondée n'en subsisteront pas moins, et toute nouvelle formule destinée à la remplacer devra en tenir compte.

PARTIE THÉORIQUE.

Fondements de la correction à apporter à la formule de Fechner. — Toute la théorie que nous allons développer sur la sensibilité est fondée sur deux remarques capitales : la première, c'est que l'intensité de la sensation ne dépend pas uniquement de l'intensité de la cause excitante, mais encore de la masse de sensibilité ou de force que les organes intéressés possèdent à ce moment. Or l'excitation épuise cette provision de sensibilité ; et, par suite, lors d'une excitation subséquente, égale ou inégale, l'être sensible est dans des conditions nouvelles qui modifient la sensation dans son intensité théorique ; l'excitation frappe, pour ainsi dire, un autre individu.

Cette remarque fondamentale se vérifie de mille manières. Une lumière éblouissante au premier moment, semble avoir perdu de son éclat quelques instants après. La sensation initiale de froid ou de chaud est toujours bien plus vive que la sensation ultérieure. On en peut dire autant de toutes les sensations, et l'on peut faire à ce sujet des expériences décisives. Nous aurons l'occasion de revenir sur ce point à propos de l'image des trois anneaux dont nous avons déjà parlé.

La seconde remarque, c'est qu'il existe une quantité de force ou de sensibilité que l'excitation ne peut pas utiliser, ni la volonté épuiser. Ainsi je puis bien atteindre le maximum de fatigue sentie, l'anéantissement corporel; je puis, par exemple, marcher jusqu'à ce que je ne puisse plus faire un pas, et cependant il me reste encore de la vie, de la force. De même je puis souffrir le maximum de souffrance, et cependant il me reste encore de la sensibilité.

Il y a donc une quantité de force et de sensibilité non disponible, nécessaire à la vie et à la sensibilité générales de l'individu, ou spéciales d'un organe donné, et que l'on ne peut entamer sans les compromettre. La quantité disponible ou utilisable est égale à la quantité absolue diminuée de cette quantité indispensable.

La quantité absolue nous la représentons par M, la quantité indispensable à la vie par v, et la quantité indispensable à la sensibilité par c; la quantité réellement disponible est donc $M - v - c$.

On verra, dans nos calculs, que les quantités v et c figurent dans deux formules différentes, la première dans la formule de l'épuisement correspondant à la dépense de force, la seconde dans celle de la sensation.

La constante c. — Le rôle de la quantité c réclame quelques mots d'explication [1].

[1] Dans notre *Théorie de la sensibilité* (voir plus loin) nous avons donné à cette quantité une autre signification, mais telle cependant que les considérations qu'on va lire ne sont pas un hors d'œuvre. Dans la pré-

C'est non un organe en repos absolu que l'excitation extérieure vient impressionner, mais un organe où existe préalablement et naturellement une cause d'excitation propre qui y entretient la vie et la sensibilité ; la modification imprimée de l'extérieur s'ajoute à la modification subjective. C'est ainsi que la chaleur extérieure vient s'ajouter à notre chaleur propre ; que le poids que le bras soulève s'ajoute au poids du bras lui-même ; que l'ébranlement produit par la lumière dans la rétine y rencontre un ébranlement physique et permanent provenant du mouvement du sang dans ses vaisseaux, de la circulation du liquide qui imprègne son parenchyme, de celui des humeurs de l'œil, et, nous ajouterons même, de tous les mouvements du corps. Les ondes sonores viennent agiter les fibres naturellement vibrantes de l'oreille; les corps sapides n'agissent sur la langue et sur le palais qu'en se mêlant aux liquides de la bouche : les corps odorants viennent se joindre aux mucosités des narines, etc. En un mot l'excitation extérieure vient s'ajouter à une excitation interne et subjective qui constitue la sensibilité propre de l'organe ; elle ne vient pas tomber sur une *tabula rasa*, mais sur un fond vivant et sensible. Cette excitation interne, bien que pouvant provenir d'une cause éminemment différente de l'excitation externe, peut cependant être assimilée

sente étude, c désigne le *minimum* d'excitation, nécessaire à la sensibilité de l'organe ; dans l'étude suivante, c représente l'excitation nécessaire à son exercice *normal*.

à celle-ci au point de vue de l'effet résultant, puisque cet effet résultant est une impression ou un état vibratoire particulier. Si donc nous appelons c cette excitation subjective, et δ l'excitation objective, l'état de l'organe est produit par la cause $c + \delta$, et c pourra s'exprimer en fonction de δ, bien qu'il ne soit pas nécessairement de même nature que δ. C'est ainsi que des effets peuvent s'ajouter bien que provenant de sources différentes. Ainsi, pour l'œil, δ est une cause généralement lumineuse, c une cause physiologique, mais, comme δ et c ont pour résultat d'imprimer aux fibres de la rétine un certain état vibratoire, je puis, en ne songeant qu'à cet effet, dire que cet état vibratoire a pour cause $c + \delta$, et, par suite, évaluer plus tard c en fonction de δ, c'est-à-dire l'égaler à une certaine somme de rayons lumineux. On pourra de même, par métaphore, parler de la lumière subjective de l'œil, et nous admettons même, à la rigueur, que l'on parle, toujours par métaphore, d'une sensation subjective lumineuse. C'est ainsi, nous l'avons vu, que s'expriment plusieurs auteurs. Mais il faut ici bien prendre garde à une équivoque.

Nous admettons que c produit un certain état de l'organe; mais, tant que cet état est normal, nous n'admettons pas qu'une sensation, consciente ou inconsciente, lui corresponde *effectivement*. La sensation commence du moment où à c vient s'ajouter un δ quelconque. La chaleur normale de la peau n'est sentie ni comme chaud ni comme froid, elle n'est sentie que comme bien-être, si nous pouvons ainsi nous exprimer; la sensation de chaleur ou de froid

commence à l'instant où une chaleur nouvelle vient à être ajoutée ou soustraite à la chaleur normale du moment. Nous ne sentons pas le poids de nos membres, la tête ne pèse pas sur les épaules; et nous qui pouvons juger à la main du poids d'une lettre de quelques grammes, nous ne pourrions évaluer d'une manière directe, même approximativement, le poids de notre bras. L'excitation normale de la rétine n'est pas perçue comme lumière, ni autrement; la sensation de lumière commence dès qu'au fluide nerveux de la rétine est imprimé un mouvement vibratoire différent de celui qui constitue son état d'équilibre. C'est ainsi qu'une balance ne chavire que si l'on ajoute ou retranche un poids au poids naturel d'un de ses plateaux [1].

Les excitations subjectives. — N'y a-t-il pas cependant de sensations provenant d'une excitation subjective? Sans doute; au besoin, les rêves en fourniraient la preuve. Un fiévreux éprouve des sensations de chaud et de froid; on peut avoir dans la bouche des impressions de goût, et dans le nez des odeurs; l'oreille peut bourdonner, et l'œil être sujet à des éblouissements. C'est que nos organes

[1] C'est de cette manière que doivent s'expliquer les phénomènes subjectifs de lumière mentionnés par FECHNER, *op. cit.*, t. I, p. 166. Si, après avoir considéré quelque temps un disque blanc sur fond noir, on ferme les yeux, on voit comme un disque noir entouré d'une faible lueur. Si l'on ouvre ensuite les yeux et qu'on les dirige sur un fond blanc, on voit comme une tache grise se dessiner sur ce fond. Cela prouve uniquement que nos organes de sens sont des instruments différentiels.

des sens ont chacun un excitant naturel : l'œil, la lumière ; l'oreille, le son ; etc. Dans la grande majorité des cas où ils sont tirés de leur état d'équilibre, la cause en est cet agent naturel ; de là, l'habitude que nous prenons de rapporter leurs états anormaux à ce même agent naturel.

Ainsi, quand l'œil est pressé, il voit des phosphènes ; un coup de poing lui fait voir, comme on dit vulgairement, des chandelles ; un courant électrique, la section du nerf optique produisent de vives sensations de lumière. De là provient qu'un aveugle par accident éprouve encore des sensations lumineuses ; qu'un sourd par accident éprouve des sensations sonores. C'est parce qu'ils attribuent par habitude à la cause lumière ou à la cause son, les changements dans l'état nerveux de leurs organes. Peut-on dire d'un aveugle de naissance qu'il a des sensations lumineuses ? A cette question nous croyons pouvoir répondre : non. Admettons, pour éviter toute équivoque, que l'œil de cet aveugle soit normal, mais qu'un voile épais ait jusqu'à présent fermé ses paupières. Sans doute, quand son œil sera irrité par un choc, par une pression, cet œil sera impressionné identiquement comme celui d'un clairvoyant ; mais nous doutons, pour notre part, que l'aveugle éprouve une sensation lumineuse, c'est-à-dire une sensation aussi différenciée que l'est pour nous la sensation de lumière de la sensation de pression ; nous pensons qu'il éprouvera sous le choc, la pression, etc., une sensation de choc, de pression, différenciée à peu près d'une manière analogue dont l'est une sensation de choc au coude d'une sensation de choc à l'occi-

put [1] — ceci étant dit pour qu'on ne se méprenne pas sur la portée des concessions que nous avons faites plus haut (p. 21).

Reprenons maintenant le fil de nos déductions. Cette excitation subjective c, en tant que s'ajoutant toujours aux excitations extérieures, en modifie les rapports, et de là vient que nous pouvons juger jusqu'à un certain point de l'intensité absolue des causes qui agissent sur nous. Ainsi, comme nous l'avons déjà dit, si je juge de l'éclairement général de la gravure, c'est que les rapports d'éclairement de ses diverses parties, qui sont, par supposition, objectivement δ, δ', δ''..., et sont indépendants de la quantité absolue de lumière, sont perçus comme $\delta + c$, $\delta' + c$, $\delta'' + c$,.... sous une lumière donnée; comme $a\delta + c$, $a\delta' + c$, $a\delta'' + c$,.... sous une lumière a fois plus forte; et comme $\delta + ac$, $\delta' + ac$, $\delta'' + ac$,.... sous une lumière a fois plus faible. Cette quantité c est donc comme une première unité subjective qui nous permet de mesurer l'excitation extérieure.

L'accommodation de l'organe. — La quantité c, comme on le voit, est indépendante de l'excitation extérieure, et, comme telle, doit, dans les calculs, être traitée comme constante. Ce n'est pas qu'elle soit absolument constante, mais ses variations ne dépendent pas de l'extérieur, et sont renfermées entre certaines limites naturelles,

[1] Ceci nous rappelle que le célèbre savant et physicien Saunderson, qui était aveugle presque de naissance, assimilait dans son imagination la couleur rouge au son de la trompette.

qui ne peuvent être franchies sans que notre état normal d'équilibre soit compromis. Cette excitation subjective provient de l'entretien nécessaire à nos organes. Il se fait sans cesse en eux un mouvement d'usure et de réparation, même quand ils ne sont pas excités par l'extérieur, et ce mouvement naturel se ralentit ou s'accélère suivant les circonstances. Nos organes *s'accommodent* au milieu qui les baigne, et tendent à se mettre en équilibre avec l'extérieur. Ainsi la peau se met dans un certain état d'équilibre avec la température ambiante, et dès que cet état d'équilibre est atteint, la chaleur naturelle n'est plus perçue, ni sentie. L'œil se met dans un certain état d'équilibre avec la lumière extérieure; *c* est plus fort en plein jour que dans l'obscurité [1]. C'est ainsi

[1] Comparer à ce sujet les considérations extrêmement intéressantes exposées par FECHNER, *op. cit.*, t. I, p. 323 et suivantes. Bien que nous ne soyons pas d'accord avec lui sur ce qu'il appelle la sensation du noir, et que nous fassions jouer à la quantité *c* un rôle auquel il n'a pas songé, on y verra que ce rôle varie dans des limites très-étendues, non-seulement d'individu à individu, non-seulement suivant les circonstances où une même personne peut être placée (par exemple, si elle est confinée dans un cachot), mais même qu'il semble varier avec le progrès de la civilisation. Ainsi nous ne pouvons plus concevoir qu'on puisse travailler, lire et écrire, sans une extrême fatigue, à la lumière d'une lampe ou d'une chandelle, comme on le faisait naguère encore. C'est encore cette circonstance de la variabilité de *c* qui fait que nous sommes éblouis quand nous passons brusquement de l'obscurité au plein jour, et que, réciproquement, au premier abord, nous ne voyons

encore que la tension de nos muscles est en rapport avec le poids que nous soulevons, et que notre respiration s'accélère avec la rapidité de notre marche.

Une comparaison nous permettra de faire bien saisir ce que nous entendons par ce certain état d'équilibre ou d'accommodation avec l'extérieur. On sait que plus une balance est sensible, moins est grand le maximum de poids qu'elle peut peser. Une balance qui chavire pour une fraction de milligramme ne pèsera généralement pas des kilogrammes; et réciproquement celle qui supporte des quintaux n'accusera pas de certaines fractions de kilogramme. Or, nos sens sont des balances qui savent se mettre en état de peser au besoin des quintaux et des milligrammes, qui se modifient de manière à s'accommoder à l'effort qu'elles doivent faire. L'œil, par exemple, s'habitue à l'obscurité relative et devient sensible à de faibles variations de lumière, et de même aussi se met en état de supporter la grande clarté. Mais on ne peut impunément dépasser certaines limites. Il faut que la réparation suffise à la dépense. De là, quand l'excitation s'approche des limites supérieures, un autre sentiment qui nous avertit que nous approchons de ces limites. Il y a donc en nous, outre cette première unité inférieure que nous avons appelée c, une unité supérieure

rien quand nous passons d'un lieu très-éclairé dans un autre qui l'est beaucoup moins. On pourrait étendre ces considérations à la théorie de la transformation des espèces. (Voir ma *Théorie de la sensibilité* où se trouve développée l'idée qui est ici en germe.)

que nous verrons avoir la forme $M' - v - c$, M' étant la quantité de force, puisée dans la masse commune M, et emmagasinée ou répartie au fur et à mesure de leurs besoins dans chacun de nos organes pour leur permettre de résister à l'excitation extérieure.

Cela posé, il nous est facile de formuler hypothétiquement les deux équations dont nous avons besoin.

Formule hypothétique de la loi de l'épuisement. — Appelons M la masse de force qui appartient à l'individu, et v la quantité indispensable à la vie. La quantité $M - v$ représentera la quantité disponible pour le travail que nous désignerons par m. Appelons δ une dépense de force quelconque, que nous admettons être proportionnelle au travail effectué où à l'excitation, c'est-à-dire à la cause physique extérieure qui agit sur nos organes, et soit f le sentiment d'épuisement ou la fatigue correspondant à cette dépense.

C'est un fait d'observation journalière, et qui n'a en soi rien d'irrationnel, que le sentiment de l'épuisement ou la fatigue est d'autant plus grand que le travail effectué est plus considérable, et d'autant plus grand encore que la quantité de force qui nous reste est plus petite. Donc, en posant hypothétiquement que l'accroissement de fatigue est proportionnel à l'accroissement de dépense et inversement proportionnel à la quantité de force disponible $M - v - \delta$ ou $m - \delta$, on obtient facilement la formule de la sensation d'épuisement ou de la fatigue :

$$f = k \log \frac{M - v}{M - v - \delta} = k \log \frac{m}{m - \delta}. \quad (A')$$

Formule de la loi de la sensation. — La formule de la sensation s'obtient par un procédé analogue. Conservons à δ sa signification ; appelons c la quantité de force nécessaire à la sensibilité en général [1] ; appelons s la sensation, musculaire ou autre, correspondant à la dépense δ produite par l'excitation, il n'y a non plus rien que de très rationnel à admettre que la sensation est d'autant plus grande que δ est plus grand, et que la quantité $c + \delta$ est plus petite. Ainsi la voix d'un choriste fera sur moi un effet d'autant plus fort que cette voix est plus puissante et que moindre est le nombre des choristes qui chantent en même temps que lui ; la lumière d'une bougie est d'autant plus éclatante qu'elle est elle-même plus brillante et que l'obscurité est plus profonde. On peut donc poser hypothétiquement que l'accroissement de sensation est proportionnel à l'accroissement d'excitation et inversement proportionnel à l'excitation $c + \delta$.

On trouve ainsi pour la formule définitive de la sensation :

$$s = k' \log \frac{c + \delta}{c} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (B')$$

Remarque. Les formules (A') et (B') peuvent revêtir une forme plus simple ; il suffit pour cela de choisir dans chaque formule pour unité d'excitation la quantité qui rend k ou $k' = 1$. De cette manière, les formules deviennent :

$$f = \log \frac{m}{m - \delta} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (A)$$

$$s = \log \frac{c + \delta}{c} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (B)$$

[1] Chaque organe a une quantité c qui lui est propre.

Discussion. — Discutons brièvement ces deux formules.

Dans la formule (A), δ a $m = M - v$ pour maximum, auquel cas l'épuisement est infini et l'on perd toute sensibilité; car δ ne peut devenir $M - v$ qu'en absorbant c. Dans la formule (B), δ a pour maximum $M - c$, auquel cas la sensation reste finie, mais l'on perd la vie de l'organe, car δ ne peut devenir $M - c$ qu'en absorbant v.

En un mot, c et v étant des quantités indispensables pour qu'il y ait sensibilité et vie, δ ne peut dépasser $M - v - c$ ou $m - c$ qu'en désorganisant l'individu par la destruction de v — paralysie, aveuglement, surdité, brûlure, etc. — ou par la destruction de c, c'est-à-dire en le faisant tomber en syncope ou en détruisant la sensibilité de l'organe.

Quand $\delta = M - c$, on a par les formules (A') et (B') :

$$f = k \log \frac{m}{c}; \quad \text{et} \quad s = k' \log \frac{m}{c}.$$

C'est la limite extrême. Si on la dépasse, l'épuisement l'emporte sur la sensation et tend à devenir infini, pendant que celle-ci reste finie; la sensation de lumière, de chaleur, de son, de travail musculaire, se transforme en douleur et perd sa qualité. (Voir théorème III.)

La quantité $M - v - c$ est en quelque sorte au service de la volonté, en ce sens qu'on peut, dans une certaine mesure, la dépenser à son choix en travail musculaire ou nerveux, en efforts ou en sensations.

Les formules (A) et (B) ont ceci de particulier

que f et s n'y deviennent nuls que pour $\delta = 0$, et que jamais ils ne peuvent devenir négatifs.

De la formule (A) on tire :

$$\delta = m\left(\frac{e^f - 1}{e^f}\right) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (C)$$ [1]

quantité qui croît avec f et atteint le maximum $m = M - v$ pour $f = 1/0$.

De la formule (B) on tire :

$$\delta = c\,(e^s - 1). \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (D)$$

quantité qui croît aussi avec s, mais qui, à proprement parler, n'a pas de maximum.

Les formules (C) et (D) nous fournissent la valeur de δ en fonction de la fatigue ou de la sensation.

Lois des rapports des accroissements de dépense et de fatigue, d'excitation et de sensation. — De ces formules découlent les trois propositions suivantes [2] :

I. *Pour des accroissements de fatigue égaux, les accroissements de dépense décroissent en progression géométrique. La raison de cette progression est* e^f.

Donc, pour que la fatigue f devienne $2f$, $3f$,... nf, il faut que les accroissements de dépense $\delta_2 - \delta_1$, $\delta_3 - \delta_2$,... $\delta_n - \delta_{n-1}$, décroissent suivant une progression géométrique dont la raison est e^f.

De plus, δ_{n-1} est toujours plus grand que la moyenne arithmétique entre δ_n et δ_{n-2}.

[1] Nous représentons par e la base des logarithmes népériens qui est égale à 2,718.

[2] Pour les démonstrations, d'ailleurs faciles, nous renvoyons au mémoire original.

II. *Pour des accroissements de sensation égaux, les accroissements d'excitation croissent en progression géométrique. La raison de cette progression est* e^s.

Donc, pour que la sensation s devienne $2s$, $3s \ldots ns$, il faut que les accroissements d'excitation $\delta_2 - \delta_1$, $\delta_3 - \delta_2 \ldots \delta_n - \delta_{n-1}$ croissent suivant une progression géométrique dont la raison est e^s.

En outre, δ_{n-1} est toujours plus petit que la moyenne arithmétique entre δ_n et δ_{n-2}.

Avant toute expérience, on peut reconnaître que ces résultats généraux sont conformes aux faits. Pour produire des accroissements égaux de fatigue, ou pour augmenter la fatigue de quantités égales, il faut des accroissements de travail de plus en plus petits. De même, pour que la sensation s'augmente de quantités égales, il faut des accroissements d'excitation de plus en plus grands.

Les résultats que nous venons d'obtenir, diffèrent notablement de ceux que fournit la loi de Weber. D'après celle-ci, pour que les sensations croissent en progression arithmétique, il faut que les excitations croissent en progression géométrique. Suivant la nouvelle loi, au contraire, pour que les accroissements de sensation soient en progression arithmétique, il faut que les accroissements d'excitation soient en progression géométrique.

Ces formules nous donnent pour mesure de la fatigue et de la sensation :

$$f = \log \frac{\delta_n - \delta_{n-1}}{\delta_{n+1} - \delta_n},$$

$$s = \log \frac{\delta_{n+1} - \delta_n}{\delta_n - \delta_{n-1}},$$

formules semblables mais réciproques dans leur notation. Il est seulement à remarquer que, dans toutes deux, le numérateur est plus grand que le dénominateur.

Étendue du champ de l'action normale de la sensibilité. Des mêmes formules (A) et (B) découle encore la proposition qui suit :

III. *L'action normale de la sensibilité a lieu pour des valeurs de* δ *comprises entre* $\delta = 0$ *et* $\delta = m - c$. *L'action la plus vive de la sensibilité a lieu pour des valeurs de* δ *se rapprochant de la quantité* $\frac{m-c}{2}$ [1]. *En deçà et au-delà de cette valeur, le jugement commence à s'altérer, d'un côté, à cause de la faiblesse de plus en plus grande de l'excitation, et de l'autre, à cause de l'accroissement de plus en plus considérable de l'épuisement.*

Démonstration. Toute excitation δ produit un double effet; elle est cause de sensation et cause d'épuisement, de fatigue ou même de douleur. L'épuisement diminue la sensibilité, la fatigue altère la sensation. Si l'on fixe, par exemple, pendant quelque temps du papier blanc, la sensation ne tarde pas à s'émousser, et le blanc finit par paraître gris. Une certaine quantité de fatigue détruit donc une certaine quantité de sensation ; en d'autres termes, la fatigue et la sensation sont des phénomènes de même nature et comparables. Il y a sensation tant que

[1] C'est cette quantité qui jouera un rôle considérable dans le mémoire suivant.

l'épuisement n'a pas détruit la sensibilité, c'est-à-dire tant que la quantité $s - f$ est positive ; et la sensation est à son maximum de pureté lorsque cette même quantité est un maximum. Les formules (A) et (B) donnent :

$$s - f = \log \frac{c + \delta}{c} - \log \frac{m}{m - \delta}.$$

D'où l'on tire :

$$s - f = \log \frac{(c + \delta)(m - \delta)}{cm}.$$

Si l'on pose la condition :

$$s - f = \text{max.}$$

il vient :

$$(c + \delta)(m - \delta) = \text{max.}$$

Comme la somme de ces deux facteurs est constante, pour que le produit soit un maximum, il faut qu'ils soient égaux, et de là :

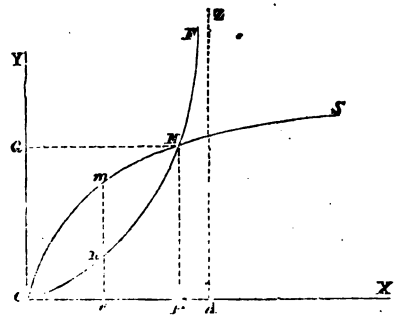
$$c + \delta = m - \delta;$$

d'où :

$$\delta = \frac{m - c}{2}.$$

En deçà de cette valeur de δ, la sensation, d'abord nulle ainsi que la fatigue, l'emporte de plus en plus sur la fatigue à mesure que δ augmente. Au delà de cette même valeur de δ, la fatigue commence à croître plus rapidement que la sensation, lui devient égale, puis finit par l'emporter sur elle et détruire la source de la sensibilité même.

Les résultats de ce théorème sont éclaircis par la figure suivante :



Soient OX et OY les axes des coordonnées sur lesquels on prend respectivement les excitations et les fatigues ou sensations correspondantes. Soit OnMF la courbe des fatigues représentée par l'équation :

$$f = k \log \frac{m}{m - \delta},$$

et OmMS la courbe des sensations représentée par l'équation :

$$s = k' \log \frac{c + \delta}{c}.$$

Comme m est plus grand que c, la première de ces courbes reste pendant quelque temps plus rapprochée que la seconde de l'axe des X. De plus, elles tournent, l'une sa convexité, l'autre sa concavité du côté de cet axe.

Enfin, toutes les deux donnent des valeurs infinies pour f et s ; seulement la seconde le fait pour

une valeur infinie de δ, et la première pour la valeur finie de $\delta = m = OA$; de sorte que celle-ci a pour asymptote la droite AZ. Ces deux courbes se coupent donc en un point M, sommet du rectangle OPMQ.

La différence $s - f$ entre les coordonnées de ces deux courbes, d'abord nulle au point O, croît de plus en plus, jusqu'à ce qu'elle atteigne le maximum mn pour

$$\delta = Op = \frac{OP}{2} = \frac{m-c}{2};$$

puis elle décroît jusqu'à redevenir nulle au point M, pour

$$\delta = OP = m - c;$$

et, enfin, elle se remet à croître rapidement, mais en sens contraire, de manière à devenir infinie pour $\delta = OA = m$.

L'action normale de la sensibilité a pour champ la portion de courbe OM, s'étendant entre l'axe des Y et l'ordonnée MP.

Considérations finales. — Nous avons terminé la partie purement théorique de notre travail. Nous allons passer à la partie expérimentale.

Cette partie expérimentale ne portera que sur le *sens de la vue* et sur la *fatigue*. Si nos formules ne sont pas en contradiction avec l'expérience; si, au contraire, elles expliquent des faits délicats constatés par l'observation, nous pourrons provisoirement leur donner une portée générale que l'expérience, appliquée à d'autres sens, devra confirmer.

Or, pour des valeurs moyennes de δ, la formule de la sensation coïncide sensiblement, comme on le verra, avec celle de Weber. Toutes les expériences de Weber et de Fechner lui sont donc acquises dans ces limites.

En dessous de ces valeurs moyennes, c'est la quantité c, déjà en partie entrevue pour l'œil par Fechner et Helmholtz, qui joue un rôle considérable. Au-dessus de ces mêmes valeurs, c'est au tour de la quantité f de se mettre en avant et de dominer la scène.

La quantité c, nous en avons vu la signification ; elle sert à représenter l'état de l'organe résultant de la vie.

Ainsi, pour l'œil, ce serait ce que, si l'on veut, l'on peut appeler par métaphore sa lumière propre. Car l'appareil visuel est excité physiquement et d'une manière permanente par les mouvements vitaux de l'être sensible à qui il appartient. L'excitation extérieure, pour produire une sensation distincte, doit se projeter d'une manière nette et marquée sur ce fond d'excitation naturelle, et elle doit être d'autant plus vive pour un même effet que c est plus grand.

Explications sur le rôle de la quantité f. — Quant à la quantité f, il est singulier qu'on n'y ait pas songé plus tôt.

Nous disposons, comme nous l'avons dit, d'une certaine quantité de force, laquelle a la faculté de se transporter d'un point à un autre, de se transformer en effets de nature diverse. Cette force, épuisée, se renouvelle par le phénomène physiologique de la

réparation. De sorte qu'à un moment donné, lorsque la masse M est diminuée d'une quantité δ, il peut se faire que la force restante soit plus grande que $M - \delta$, parce que la réparation est venue ajouter une nouvelle masse de force qui peut même être supérieure à δ. Cependant, nous pouvons faire abstraction de ce phénomène, c'est-à-dire ne pas en tenir compte, quand on expérimente sur l'être vivant pendant un temps suffisamment court et convenablement choisi, par exemple, pendant l'état de veille bien caractérisé, et en dehors des moments où agissent la faim et les autres besoins, ainsi que ceux où se font d'une manière active la digestion et les autres opérations de la réparation. Dans cette circonscription de temps, on peut considérer la masse M comme sensiblement constante, c'est-à-dire, comme figurant avec la même valeur dans les quantités

$$M - \delta,\ M - \delta - \delta',\ M - \delta - \delta' - \delta'', \text{ etc.},$$

δ, δ', δ'', etc., étant des quantités successivement soustraites à la masse totale.

Mais, avons-nous dit, cette force a la faculté de se transporter d'un point à un autre de l'organisme, et de se mettre aux services d'organes différents. C'est ainsi que je puis la dépenser en effets musculaires — soit en me transportant d'un point à un autre, soit en soulevant des poids — ou en sensations visuelles, auditives, etc., ou en pensées. Tout le monde peut remarquer que, pendant un effort musculaire violent, marche rapide, saut, danse, exercices gymnastiques, la sensibilité auditive, visuelle, olfactive, tactile, de même que la pensée, l'atten-

tion, est émoussée et inerte. Ainsi les myopes mettent leurs lunettes pour mieux entendre, parce que, par là, ils diminuent la fatigue provenant d'une vision gênée. On remarque aussi que l'audition d'un long opéra fatigue, et que la fatigue est d'autant plus intense que la musique est plus bruyante. Les travaux microscopiques prolongés épuisent ceux qui s'y livrent, et l'attention vive et soutenue est une cause notable d'énervation.

De là aussi vient la difficulté de bien voir et de bien entendre tout à la fois. L'œil intéressé empêche l'oreille d'entendre; et de même l'oreille distrait le sens du goût ou de l'odorat. En général, on ne peut faire bien deux choses simultanément.

Pendant un voyage en Suisse que nous faisions, sac au dos, avec quelques compagnons, il nous arriva un jour d'aller de Meyringen au Faulhorn. Cette course, déjà longue et pénible par elle-même, s'allongeait encore par le fait que nous nous écartions à chaque instant de notre chemin, soit pour cueillir une plante, soit pour attraper un insecte, soit pour admirer un beau site. Arrivés bien tard près du Bachalpsée, nous étions déjà exténués, et nous avions encore devant nous une lieue d'une montée laborieuse. L'un de nous, le moins fatigué de la troupe, se mit alors à faire résonner les échos d'alentour. Rien ne peut rendre l'impression désagréable que ces cris nous causaient; c'était pour nous une nouvelle source de fatigue. Nous lui demandâmes instamment de se taire. Lui, mis en gaîté par notre mauvaise humeur, inventa un nouveau genre de supplice; ce fut de chanter en criant et en déton-

nant le plus possible. C'était plus que nous n'en pouvions supporter, et ce fut avec de véritables supplications que nous réclamâmes de lui le silence.

C'est que, au point où nous en étions, nous n'avions plus de force de reste pour entendre. La force que l'audition nous enlevait, on aurait pu l'évaluer en mètres de hauteur. Notre ami produisait sur nous le même effet que si l'on eût élevé le Faulhorn sur sa base, ou qu'on nous eût fait redescendre une partie du chemin déjà parcouru.

Cela étant établi, on voit le rôle que vient jouer la force M dans la sensation. Si c'est, par exemple, notre œil qui travaille, cette force se transporte, pour ainsi dire, dans cet organe, et s'écoule par lui, remplaçant à chaque instant la force dépensée par une force nouvelle, et maintenant ainsi l'organe en état de fonctionner. Il en est de même si c'est l'oreille ou les muscles, ou tout autre appareil qui fonctionne. On a donc affaire ici, non à une réparation *générale*, mais à une réparation *locale*. Or, tant que la dépense est modérée, et pour un temps suffisamment limité, toutes les circonstances étant d'ailleurs favorables, on peut admettre que la force de l'organe reste sensiblement la même, et négliger la formule (B). Mais du moment que la dépense est ou très faible ou très forte, il n'en est plus ainsi. L'organe, après un long repos, est extrêmement sensible aux plus petites excitations — tel est l'œil habitué à l'obscurité. — Mais, au bout de peu de temps, la force revient d'une manière sensiblement constante au fur et à mesure qu'on la dépense. Réciproquement, si la dépense est très-grande, si la

lumière est éblouissante, la force ne revient pas assez vite, et la lumière vient frapper un œil en quelque sorte paralysé : elle a beau croître, l'effet, lui, ne croît plus, parce que, si l'on gagne du côté de l'excitation, on perd du côté de l'aptitude à la recevoir.

De plus, nous l'avons déjà montré, l'excitation peut aller jusqu'à détruire l'organe, à la façon d'une charge trop forte qui fait éclater un fusil. La force totale M est comme contenue dans un vaste réservoir qui s'alimente d'une manière intermittente, et s'écoule incessamment par des ouvertures déterminées, dans un certain nombre de vases plus petits qui déversent leur trop plein au dehors. Ces ouvertures ne sont pas d'un diamètre constant ; suivant les cas, elles s'agrandissent et se rétrécissent de manière que l'écoulement de la masse M se fait davantage tantôt par un point, tantôt par un autre. Mais on ne peut à cet égard dépasser de certaines limites inscrites dans l'organisme. Il ne nous est pas loisible de diriger l'écoulement total vers chacun de ces vases indifféremment ; les uns peuvent résister, les autres se brisent [1].

Nous partirons de ces principes pour expéri-

[1] Ces considérations, comme on le verra dans l'étude suivante, établissent en dernière analyse que les organes fonctionnent le mieux lorsqu'il sont soumis à une excitation déterminée, en rapport avec leur état momentané. Cette excitation est l'excitation normale, mais la grandeur elle-même de cette excitation normale est essentiellement variable.

menter la formule de la sensation. Une série notable de nos expériences seront instituées pour des excitations moyennes qui sont censées laisser l'œil à peu près dans son état normal. Cependant, même alors, l'influence de la cause perturbatrice se fera sentir, et on l'élimine plus facilement par la pensée qu'en fait.

PARTIE EXPÉRIMENTALE.

EXPÉRIENCES RELATIVES A LA SENSATION [1].

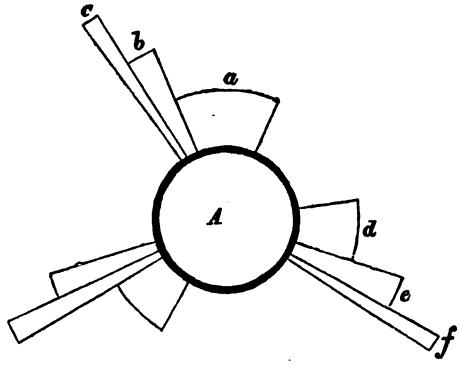
Description de la méthode et de l'appareil. — La méthode que nous avons employée, nous a été suggérée par M. Plateau, le savant professeur de l'Université de Gand.

[1] Toutes ces expériences ont été faites à Gand dans le courant des années 1865 et 1866. A la fin de 1866, je fus appelé à l'Université de Liége pour y occuper une chaire de philologie. Je dus ainsi dans les premiers temps abandonner complètement ce travail qui aurait pu, sans cette circonstance, voir le jour en 1867 ou 1868. J'aurais voulu compléter ou refaire certaines expériences que je signale, mais je me suis aperçu que mes anciens appareils, jaunis par le temps, ou de nouveaux appareils faits avec d'autre papier et découpés avec des différences inévitables ne me fournissaient plus des résultats comparables. C'est pourquoi je me suis, dans mon mémoire, borné aux expériences anciennes. J'ai repris depuis la question sous une autre face, et j'ai remarqué, entre autres, qu'il fallait tenir compte de l'effet dit de contraste, et que l'éclat d'un anneau augmente ou diminue suivant l'éclat du fond sur lequel il se détache. Cette remarque doit s'ajouter à celles qui sont consignées dans le présent travail, et peut servir à expliquer différentes anomalies.

Je lui parlais des travaux de Weber et de Fechner qui lui étaient restés inconnus, et je lui communiquais les doutes théoriques que j'avais concernant l'exactitude rigoureuse de leur formule, et l'intention où j'étais de refaire leurs expériences. Il m'apprit alors qu'il avait eu autrefois l'idée de mesurer les sensations lumineuses. C'était lorsqu'il s'occupait de ces admirables travaux sur les phénomènes subjectifs de la vision, travaux qui ont donné à son nom une célébrité européenne. Pour cela, ayant pris deux cartons, l'un blanc, l'autre aussi noir que possible, il avait prié séparément plusieurs personnes compétentes d'en teinter un troisième de manière que la teinte en fût sensiblement intermédiaire entre celles des deux premiers. Ces teintes produites, il avait constaté qu'elles différaient fort peu entre elles. Ayant ensuite mesuré photométriquement celle qui paraissait moyenne entre toutes, il avait trouvé qu'elle émettait environ $^1/_8$ de la lumière de la teinte blanche. Il en avait conclu provisoirement que la sensation pourrait bien être proportionnelle à la racine cubique de l'éclairement. Distrait par d'autres travaux, M. Plateau avait malheureusement abandonné ces expériences.

C'était là un procédé extrêmement heureux, comme on le verra par la suite, pour mesurer les sensations lumineuses. M. Plateau me conseilla également d'appliquer le principe connu des secteurs tournants à la détermination de la gradation des teintes. Seulement, comme il fallait étudier les rapports sentis d'un nombre considérable de teintes, j'ai imaginé de remplacer les cartons à teintes fixes

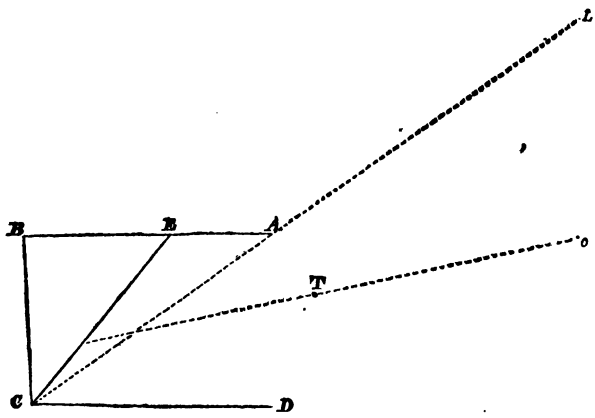
par des cartons à teintes variables, c'est-à-dire dont on pouvait varier les teintes à volonté. L'appareil dont je me suis servi est très-simple. Il se compose essentiellement d'un cercle A, de cinq centimètres de rayon, en carton blanc, et pouvant au besoin se



recouvrir d'un cercle de même étendue en velours noir. Derrière ce cercle il en est un autre d'égale dimension. Tous deux sont collés sur les deux faces d'un autre cercle ayant le même rayon, mais découpé en forme d'étoile. Par cette disposition, ces cercles reunis présentent sur leur tranche un certain nombre d'ouvertures dans lesquelles on peut introduire des portions de secteurs circulaires tels que *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*. Ces secteurs appartiennent à trois cercles de rayons différents, croissant de 23 en 23 millimètres. Ces secteurs portent leur évaluation en degrés, et il en faut une série suffisante pour produire tous les arcs entre 1 et 360 degrés. On a soin que tout l'appareil soit d'une teinte blanche

bien pure et bien uniforme. Nous nous sommes servi pour toutes nos expériences de carton bristol de première qualité recouvert de papier vélin.

Il est peut-être utile de dire que nous avions commencé, à l'exemple de M. Plateau, par vouloir obtenir des teintes intermédiaires entre le noir considéré comme absolu, c'est-à-dire d'un éclat = 0, et des teintes blanches quelconques. Mais nous dûmes, après bien des tâtonnements infructueux, abandonner ces expériences qui donnaient des résultats négatifs — ainsi qu'on pourra bientôt en juger — à cause de la présence de la quantité c, et des modifications considérables que subit le jugement à ces limites extrêmes, à la suite d'un faible changement de lumière.



Cet appareil était disposé de manière à se projeter sur un fond complètement noir. Voici au moyen de

quelle disposition nous obtenions ce noir presque absolu. ABCD représente une caisse d'environ 50 centimètres de côté, la dimension dans le sens de AB étant un peu plus grande (environ 65 centimètres). Cette caisse avait été entièrement peinte en noir mat. Au fond de la caisse, nous disposions obliquement dans la direction CE une planche recouverte de velours noir, et nous tournions la caisse par rapport au jour naturel ou au jour artificiel d'un quinquet ou d'une bougie L, de manière que la lumière ne tombât pas directement sur le velours, ainsi que le montre la figure. On obtient de cette manière un fond presque absolument noir. L'appareil se plaçait en T et l'observateur en O.

De plus, lorsque l'on opérait le soir, pour éviter que les résultats ne fussent troublés par la lumière réfléchie des murs et des objets de l'appartement, la bougie était entourée, dans la plus grande partie de son pourtour, d'un cylindre fendu en carton parfaitement noirci ou blanchi à l'intérieur. De cette façon la lumière reçue par l'appareil provenait de la bougie seule dans l'un comme dans l'autre cas.

Or, si l'on fait tourner rapidement au moyen d'un mécanisme ordinaire le carton disposé comme dans la première figure, on obtient autour du cercle A qui est blanc ou noir trois anneaux d'éclat différent. La quantité de lumière qu'ils émettent est proportionnelle à la somme des degrés des secteurs respectifs qui les forment.

Première série d'expériences, ayant pour but de vérifier la formule :

$$s = \log \frac{c + \delta}{c}.$$

Premier tableau. — On faisait varier l'éclat de l'anneau intérieur de manière que l'éclat de l'anneau moyen parût exactement intermédiaire entre ceux des anneaux intérieur et extérieur [1].

OBSERVATEUR A. — *Pendant des jours gris.*

N. B. L'éclat des anneaux est exprimé en degrés.

Numéro d'ordre.	Anneau extérieur.	Anneau moyen.	Anneau intérieur. Nombres théoriques calculés pour $c = 05$; $c = 0,12$		NOMBRES obtenus expérimentalement pour L'ANNEAU INTÉRIEUR.					Minimum.	Maximum.	MOYENNE entre le minimum et le maximum.	MOYENNE générale
1	9	47	237	243.3	287	247	272	205	177	177	287	232	237.6
2	13	27	55 5	55.9	53	54	54	56	55	53	56	55.5	54.4
3	13	36	98.3	99.3	102	98	93	112	89	89	112	105	98.8
4	13	41	127	128.8	105	141	151	126	123	105	151	128	129.2
5	13	56	236	239.9	316	238	241	222	222	222	316	274	247.8
6	21	60	169.7	171	169	181	153	168	176	153	181	167	163.4
7	21	64	193	194.6	196	200	213	184	207	184	213	198.5	200
8	22	36	58.7	58.9	59	60	55	55	59	55	60	57.5	57.6
9	22	51	117.4	118	134	114	96	128	127	96	134	115	119.8
10	22	58	151.6	152.6	156	150	144	158	158	144	158	151	152.2
11	22	66	196	197.5	224	233	166	179	172	160	233	199.5	194.8
12	43	64	95.1	95.2	98	104	100	91	94	91	104	97.5	97.4
13	43	72	120.3	120.5	147	125	144	118	116	116	147	131.5	130 8
14	43	87	175 5	175.9	177	195	142	170	200	142	200	171	176·

[1] Nous croyons devoir donner un tableau au complet pour initier le lecteur curieux aux détails de ce genre d'expériences psychophysiques.

Le commentaire dont nous accompagnons ce tableau, le plus décisif que nous ayons à présenter, sera complet, et nous pourrons, dès lors, nous dispenser d'entrer dans de nouvelles considérations à propos des autres.

Les chiffres que nous présentons ici ont été obtenus dans l'intention, non de fonder notre formule, mais de vérifier celle de Fechner. Quand nous fûmes plus tard arrivé à la conviction que celle-ci était inexacte, à la suite de l'expérience des trois anneaux dont il a été parlé plus haut, nous nous sommes alors servi des mêmes chiffres pour vérifier la nôtre.

Ainsi ce tableau et ceux qui vont suivre sont, pour ainsi dire, détournés de leur destination primitive, et c'est pourquoi les résultats qui y sont consignés ont une véritable valeur. Ils ont été recueillis un peu au hasard, au milieu de circonstances bien diverses et de causes perturbatrices dont on doit tenir compte d'après la formule nouvelle, tandis qu'on peut les négliger suivant Fechner; et, cependant, en coordonnant ces résultats, on arrive à une confirmation de cette formule presque équivalente, dans certaines limites, à une démonstration.

Disons maintenant un mot des procédés que nous avons suivis.

Essais annulés. — Tout d'abord, nous devons dire qu'avant d'acquérir ces résultats, nous avons procédé à un très-grand nombre d'expériences dont il était impossible de rien conclure. Ainsi, comme nous l'avons déjà dit, nous avons d'abord voulu obtenir des teintes intermédiaires entre le noir et le blanc, tentatives qui ne pouvaient

aboutir que difficilement. Puis, partant d'une fausse idée reposant sur les formules et les données de Fechner, nous avons opéré à toutes sortes de lumières, et voulu prendre des moyennes entre des résultats disparates. Il nous a fallu par la suite annuler toutes les expériences qui n'avaient pas été faites dans des conditions à peu près semblables.

Nous avions aussi essayé de prendre des moyennes entre des nombres donnés par des individus différents; ensuite entre les nombres fournis par le même individu. mais dans des expériences continues et, par suite, fatigantes : on verra que l'on n'obtient pas de cette façon des résultats comparables.

Enfin, de nombreuses séries d'essais commencées n'ont pu être utilisées à cause de circonstances fortuites. Tantôt un accident arrivait à l'appareil : par suite de la force centrifuge, les arcs en carton s'échappaient des loges où ils étaient enchâssés; tantôt encore la clarté du ciel changeait brusquement, soit par l'apparition du soleil, soit par l'interposition d'un nuage, soit parce que les heures s'écoulaient; parfois enfin, le temps de l'observateur étant limité, il fallait suspendre la séance avant que l'on eût obtenu une série complète. Bref, pour un nombre utilisé, il en est trois ou quatre qu'il a fallu rejeter.

Dans le principe aussi, nous donnions aux arcs formant les deux anneaux extérieurs, des valeurs quelconques, croyant que les séries que nous obtiendrions coïncideraient parfaitement. Nous n'avons pas tardé à nous apercevoir que des milliers d'ex-

périences ne suffiraient pas pour constituer expérimentalement une série continue. Nous nous sommes alors arrêtés aux anneaux, dont les nombres sont inscrits dans les deux premières colonnes. Ces nombres ont été choisis, parce que, dans la pratique, nous les produisions facilement au moyen de nos cartons. De plus, ils offrent une grande variété de rapports et amènent théoriquement et expérimentalement des chiffres qui confirment la loi sous la plupart de ses aspects.

Description des expériences. — Ceci dit, voici quelle était la physionomie des expériences.

L'appareil étant disposé, comme nous l'avons dit, et mis en mouvement, l'observateur jugeait si l'éclat de l'anneau moyen était intermédiaire entre ceux des anneaux extérieur et intérieur, ou s'il était trop fort. Généralement ce jugement instantané s'impose en ce moment avec force à l'observateur, c'est-à-dire que celui-ci n'hésite pas dans son affirmation, et que la réflexion modifie rarement son jugement. Seulement, s'il contemple trop longtemps l'appareil, ou s'il se fatigue, la teinte la plus claire perd son éclat et a besoin d'être renforcée. Ceci est conforme à la théorie, et aussi à l'expérience, comme nous le verrons plus tard. L'observateur avait-il jugé l'éclat trop fort ou trop faible, nous renforcions ou diminuions celui de la zône intérieure pour rétablir l'équilibre.

Si nous avions mis l'anneau intérieur à peu près au degré indiqué par la théorie, nous aurions presque toujours obtenu tout de suite une réponse affirmative, et il nous eût été facile de présenter des

nombres très-exacts, mais peu concluants. Nous nous attachions donc à commencer alternativement par des nombres beaucoup au-dessous ou beaucoup au-dessus, et à augmenter ou diminuer graduellement et lentement jusqu'à ce que l'observateur se montrât satisfait. De là, le temps considérable que prenait chaque expérience. Il fallait mettre l'appareil en mouvement, inviter ensuite l'observateur à regarder. S'il répondait soit *trop fort!* soit *trop faible!*, on arrêtait l'appareil, on modifiait l'anneau en conséquence, et l'on recommençait. On comprend qu'il arrivait parfois qu'un quart d'heure s'écoulât avant de recevoir une réponse catégorique.

Quelquefois, après deux ou trois tâtonnements, l'observateur se déclarait satisfait. Mais il n'en était pas toujours ainsi. Il arrivait aussi que telle teinte, trouvée d'abord trop forte, était jugée, un instant après, trop faible. Cela provenait évidemment de la distraction ou de la fatigue, et les chiffres fournis devaient alors être considérés comme infidèles. Si l'on eût suspendu l'expérience pour la reprendre ensuite avec le même observateur, était-on sûr d'avoir, dans cette seconde épreuve, la même lumière, la même disposition? Avait-on la certitude que les mêmes inconvénients ne se reproduiraient pas? D'ailleurs il y a aussi des limites à la complaisance, même quand un intérêt scientifique est en jeu. C'est par là que nous avons été contraint de faire figurer dans certains de nos tableaux des nombres obtenus dans des circonstances défavorables.

Mentionnons une circonstance propre à troubler la précision de ces expériences. Celles-ci prennent

en elles-mêmes un temps assez long, quelquefois plusieurs heures, et en ce long laps de temps toutes les conditions de lumière ont changé. Le soleil a baissé; il a tourné et la lumière réfléchie a varié de position et de qualité; ou bien le temps s'éclaircit ou s'assombrit, et la fin de l'opération n'a pas lieu dans les mêmes conditions que le commencement.

Voilà pourquoi nous disions tantôt que ce premier tableau est le plus décisif que nous ayons à présenter. En effet, sauf des variations inévitables, ces cinq séries de quatorze expériences faites avec le même observateur, dans des conditions de lumière à peu près identiques, ont marché d'une façon sensiblement régulière, c'est à dire que l'observateur n'a pas accusé de fatigue et n'a pas émis de jugements contradictoires.

Inutile d'expliquer la signification de la seconde et de la troisième colonne verticale. Les quatrième et cinquième colonnes donnent les valeurs de l'anneau intérieur, calculée pour $c = {}^1/_2$, valeur moyenne [1] et $c = 0{,}12$, moyenne des valeurs minimum. Ces valeurs de c sont exprimées en fraction de degrés. Nous dirons plus loin par quelles expériences nous avons déterminé cette valeur de c, que, d'abord, nous croyions être une constante, et que nous avons tout lieu de croire être une variable.

Les cinq colonnes suivantes contiennent les nombres obtenus expérimentalement; la dernière

[1] FECHNER, dans son ouvrage *In Sachen der Psychophysik*, page 185, a justifié, mieux que je ne le faisais dans mon mémoire, le choix de cette valeur moyenne.

colonne, le nombre moyen. Les trois colonnes qui précèdent celles-ci, nous donnent les extrêmes et leurs moyennes. Les chiffres de la dernière colonne coïncident d'une facon remarquable avec les chiffres théoriques. Six d'entre eux sont compris entre les deux nombres théoriques. Il y a deux exceptions notables à cette règle, ce sont la 5e et la 13e moyenne, le chiffre 247,8 au lieu de 236 à 239,9; et le chiffre 130 au lieu de 120,3 à 120,05.

Discussion. — Discutons la première exception.

L'avant-dernière colonne nous donne pour chiffre moyen entre le maximum et le minimum le nombre 274, qui s'écarte plus notablement encore du chiffre théorique. Ceci nous prouve que le maximum 316 est dû à une circonstance exceptionnelle, soit fatigue, soit distraction, soit jugement précipité. Suivant les règles ordinaires, ce nombre doit être mis en dehors des calculs. Si nous l'écartons, nous trouvons pour moyenne le nombre 230,75, et pour moyenne entre le minimum 222 et le maximum 241, le nombre 232,5. Ces deux moyennes se rapprochent sensiblement de la moyenne théorique, surtout si l'on observe que nous avons écarté un nombre maximum. Car, si nous retranchons encore un nombre minimum, et si nous ne tenons compte que des trois expériences 241, 238 et 222, on obtient pour moyenne le nombre 233,7, qui se rapproche encore davantage de la moyenne théorique.

On voit par cet exemple à quoi sert l'avant-dernière colonne, la colonne des moyennes entre le maximum et le minimum. Elle permet de vérifier si

l'une ou l'autre expérience n'est pas à rejeter comme suspecte. Car, sitôt qu'un nombre isolé s'écarte beaucoup de cette moyenne, on doit attribuer ce résultat exceptionnel à des influences perturbatrices inconnues.

Ce n'est pas le cas pour l'expérience 13. La moyenne 131,5 ne s'écarte pas beaucoup de la moyenne 130. De plus, le maximum 147 est fortifié par le second maximum 144. Il est vrai que, si l'on retranchait ce maximum 147, on arriverait tout de suite au nombre 125,7, comme moyenne. Mais ici nous ne sommes pas en droit de le faire. Nous ferons remarquer cependant que des cinq nombres amenés trois se rapprochent beaucoup de la moyenne théorique, l'un étant un peu au-dessus, et deux un peu au-dessous, et que leur moyenne est 119,7. Nous pouvons donc en conclure que ce résultat ne compromet pas non plus le principe.

Nous ferons une dernière remarque, et cela à propos de la première ligne horizontale. Si l'on en excepte la cinquième ligne horizontale d'où nous avions éliminé le maximum 316 remplacé par le maximum 241, cette première ligne est la seule qui présente un aussi grand écart entre le maximum et le minimum. Cela s'explique sans peine. C'est la première expérience de la série; l'œil est directement encore sous l'influence des excitations multiples auxquelles il était soumis un instant auparavant; le jugement n'est pas non plus si attentif, il est plus superficiel, si nous pouvons nous servir de cette expression. Nous verrons dans les expériences qui suivront cette même particularité du premier jugement s'accentuer presque partout.

Résumé des expériences subséquentes. — Nous ne fatiguerons pas le lecteur avec la série de nos tableaux. Nous emprunterons à Fechner (ouv. cité, p. 182), le résumé qu'il en donne lui-même dans le tableau suivant :

Numéro d'ordre.	Anneau extérieur.	Anneau moyen.	Anneau intérieur. Calculé pour c=0.5	VALEUR EXPÉRIMENTÉE DE L'ANNEAU INTÉRIEUR					
				Tableau I.	Tableau II.	Tableau III.	Tableau IV.	Tableau V.	Tableau VI.
1	9	47	337	237,6	239,7	243,5	226,5	210,7	233,7
2	13	27	55,5	54,4	53,7	55,3	57	60,3	50
3	13	36	98,3	98,8	97,3	94.8	113,5	102,3	111,7
4	13	41	127	129,2	133,3	123,5	132	133,3	121.3
5	13	56	236	233,7	238	245,4	224,5	220,7	231,3
6	21	60	169,7	163,4	184,7	157	164,5	179	155,3
7	21	64	193	200	207,3	175,7	176,5	192,7	183,7
8	22	36	58,7	57,6	61,3	56,8	59	60,7	63,7
9	22	51	117,4	119,8	116,3	107,4	107,5	121	125,7
10	22	58	151,6	152,2	159	139,2	145,5	163,3	165,3
11	22	66	196	194,8	174	182,2	168,5	210,3	199,7
12	43	64	95,1	97,4	92,7	94	96	103	95,3
13	43	72	120,3	130	127,3	119,8	126,5	118	116,7
14	43	87	175,5	176,8	189,7	168,8	181	179,7	188.3

Tab. I. Observateur : une jeune dame A. Jour gris. Moyenne de 5 observations.

Tab. II. Une vieille dame, peintre. Jour gris. moyenne de 5 observations.

Tab. III. La dame A. Bougie entourée d'un réflecteur à environ 25 cent. de distance de l'appareil. Moyenne entre 2 ou 3 observations.

Tab. IV. Le soir avec la bougie. Moyenne entre les chiffres fournis par deux observateurs.

Tab. V. Jour gris. Moyenne entre trois observateurs.

Tab. VI. Jour clair. Moyenne entre trois observateurs.

Deuxième série d'expériences, ayant pour but de démontrer que la quantité c existe et est positive de sa nature.

Discussion de la formule qui donne la valeur de c. — Cette proposition pourrait, à première vue, se passer de démonstration spéciale, parce que les principes sur lesquels est établie la formule $s = \log \frac{c + \delta}{c}$ répugnent à ce que c soit nul ou négatif. En effet, dans le premier cas, pour toute valeur finie de δ, on aurait des valeurs de s infinies, et, dans le second cas, pour $\delta = c$ on aurait encore pour s une valeur infinie. Mais notre formule étant hypothétique, c'est l'expérience seule qui peut décider du signe et de la valeur de c. A la rigueur, les tableaux précédents établissent déjà d'une manière satisfaisante que c n'est pas nul et qu'il est positif; car les résultats d'où il ressort que δ' est plus petit que la moyenne arithmétique, et plus grand que la moyenne géométrique entre δ et δ'' — ce qui est, comme on va le voir, la condition fondamentale pour que c soit positif — l'emportent tellement par leur nombre sur les résultats contraires, que le calcul des probabilités nous autoriserait à attribuer cette différence à une cause constante. Mais il est nécessaire de lever tous les doutes et de mettre expérimentalement ce point en évidence. Nous verrons que c varie entre certaines limites, mais reste toujours positif. C'est cette dernière proposition que nous allons démontrer.

De la formule A, il est facile de tirer pour c la valeur suivante :

$$c = \frac{\delta'^2 - \delta\delta''}{\delta + \delta'' - 2\delta'}.$$

Pour que c soit positif, il faut que l'on ait à la fois soit $\delta'^2 > \delta\delta''$ et $2\delta' < \delta + \delta''$, soit $\delta'^2 < \delta\delta''$ et $2\delta' > \delta + \delta''$. Le second cas est impossible théoriquement, car la moyenne arithmétique est toujours plus grande que la moyenne géométrique. Le premier cas est donc seul possible ; les deux conditions qui y sont exprimées sont indépendantes l'une de l'autre ; en d'autres termes, *pour que* c *soit positif, il faut que* δ *soit compris entre la moyenne arithmétique et la moyenne géométrique de* δ *et* δ'.

Expérience et théorèmes ayant trait à la quantité c. — L'expérience suivante démontre que cette dernière condition est toujours remplie.

Si l'on produit trois zônes concentriques, parfaitement graduées pour une lumière déterminée, la zône claire (ou intérieure) gagnera en éclat relatif si l'on diminue la lumière (si, par exemple, on éloigne la bougie) ; elle perdra en éclat relatif, si, au contraire, on augmente la lumière. En d'autres termes, si δ, δ' et δ'' sont les éclats relatifs des teintes graduées pour une distance déterminée $= 1$ du foyer lumineux, il faudra, pour conserver la gradation, diminuer δ'' si le foyer s'éloigne, l'augmenter, au contraire, si le foyer se rapproche.

Cette expérience est saisissante et concluante. Nous la discuterons plus loin. Les deux théorèmes suivants en découlent directement :

Théorème IV. *δ est plus petit que la moyenne arithmétique entre δ et δ''* [1].

Théorème V. *δ est plus grand que la moyenne géométrique entre δ et δ''.*

Corollaire I. En vertu de ce qui est dit plus haut, il résulte de ces deux théorèmes que c est positif.

Corollaire 2. Réciproquement il est facile de voir que du moment que c est positif, l'égalité $\frac{c+\delta'}{c+\delta}=\frac{c+\delta''}{\delta+\delta'}$, c'est-à-dire l'égalité des contrastes entre δ et δ' et δ' et δ'', ne peut subsister du moment que l'éclairement change. S'il devient a fois plus fort, il faut que δ'' augmente, et inversement. S'il devient a fois plus faible, il faut que δ'' diminue. C'est ce que l'expérience vient confirmer d'une façon éclatante.

Expériences de vérification et de confirmation. — Ces expériences sont grossières et il ne faut pas de grands préparatifs ni de grandes précautions pour les réussir.

Soit donné, par exemple, le contraste entre les deux anneaux marqués 13 et 41 dans les tableaux précédents (n° 4). Pour obtenir un contraste égal, il faut, la bougie étant placée à 25 centimètres de l'appareil, que le troisième anneau soit produit par un arc de 127,8 degrés en moyenne.

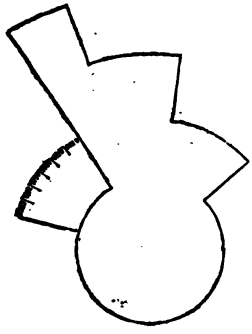
La bougie étant placée respectivement à 50 centimètres, 1 mètre, 2 mètres, 3 mètres, 4 mètres, c'est-à-dire, la lumière diminuant dans la propor-

[1] Les démonstrations des théorèmes IV, V et VI et de leurs corollaires, étant faciles, nous les avons rassemblées dans une note à la fin de ce travail.

tion de 4, 16, 64, 144, 256, les valeurs moyennes fournies par l'observateur A ont été : 98,3; 94,5; 91,2; 88,7; 88,3 pour ce troisième anneau, preuve évidente que le contraste entre les deux premiers anneaux s'était affaibli.

D'ailleurs, nous le répétons, un examen surperficiel et grossier met ce fait hors de doute. A peine éloigne-t-on la bougie que les rapports des teintes changent. Les expériences suivantes ont rapport au même phénomène.

Nous avons mesuré avec beaucoup de précision cette fois-ci les effets des lumières ordinaires, mais cependant variables, sur le jugement qu'il s'agit de porter. Nous nous sommes servi pour ces expériences et celles qui ont pour objet de calculer c, d'un nouvel appareil plus commode et plus simple. C'est un petit carton de quatre à cinq centimètres de rayon, découpé de manière à former trois zônes concentriques correspondant aux nombres 13, 41 et 100 degrés, le cercle central étant rendu complètement noir au moyen d'un cercle en velours de même dimension. Derrière l'arc qui formait la zone intérieure, glissait un autre arc d'égal rayon, gradué avec soin, de manière à donner au besoin le nombre 200 degrés tout à fait quand il était en vue.



Nous avons opéré d'abord le soir avec la bougie entourée d'un demi-cylindre noirci, placée à 25 cen-

timètres de l'appareil ; puis par un jour très-sombre du mois de mars, entre 4 et 5 heures de l'après-midi ; puis par un jour gris du même mois à 3 heures ; puis par un jour très-clair, le soleil brillant de tout son éclat, d'abord dans l'appartement, ensuite en plein air. Nous avons voulu faire des expériences en plaçant l'appareil en plein soleil ; ces expériences n'ont pas réussi, car l'observateur était ébloui et approuvait toutes les valeurs données à δ'' du moment qu'elles dépassaient 100 ou 105 degrés, ou descendaient au-dessous de 150 degrés.

Les moyennes définitives vinrent confirmer d'une manière éclatante les remarques précédentes. Le jour sombre et le jour gris donnèrent les chiffres 122,3 et 126,3, inférieurs à 127,8 ; le jour clair les chiffres 129,4 et 137, supérieurs à 127,8.

Il résulte aussi de là qu'une bougie placée à 25 centimètres de distance de l'appareil lui donne à peu près pour notre œil le même éclairement que le ferait un jour gris, puisque, à mesure que le jour, d'abord sombre, devient gris, puis clair, puis très clair, δ'' dut varier et être tour à tour égal à 122,3 ; 126,3 ; 129,4 et 137, et que ce même δ'' est 127,8, nombre compris entre 126,3 et 129,4, lorsque l'on expérimente à la lueur de la bougie.

Cela ne veut pas dire toutefois que la lueur projetée sur l'appareil par la bougie placée à la distance de 25 centimètres, soit égale à celle d'un jour gris ; cela veut dire seulement que notre œil juge dans le premier cas de l'importance des contrastes à peu près de la même manière que dans le second. Et, en effet, une expérience journalière nous montre que la

lecture, par exemple, est tout aussi facile à la lumière d'une lampe à pétrole qu'en plein jour. Mais c'est que, dans le premier cas, l'œil a une sensibilité plus délicate que dans le second et s'est accommodé à la quantité de lumière qu'il reçoit, compensant ainsi par l'augmentation de sa sensibilité la diminution de l'excitation.

Par parenthèse, et bien que ceci s'écarte de notre sujet, peut-être y a-t-il au fond de ces expériences et des suivantes un moyen de mesurer et de comparer les individus sous le rapport de la capacité à juger des contrastes, puisque des anneaux choisis en conséquence ne paraissent fournir des contrastes égaux qu'à un degré constant de lumière.

Le contraste ne dépend pas uniquement du rapport des excitations, mais aussi de leur grandeur absolue. — Il semble, à première vue, paradoxal que, les trois teintes graduées étant données, une diminution de lumière, c'est-à-dire une diminution d'excitation, amène un contraste plus marqué entre les deux teintes extérieures. Mais, comme nous l'avons dit, cette augmentation de contraste n'est pas absolue, elle est simplement relative à celui des deux teintes extérieures. En somme les contrastes entre les deux teintes voisines diminuent d'une façon absolue; seulement, le contraste entre la teinte extérieure et la moyenne a diminué plus que celui entre la moyenne et l'intérieure; la teinte moyenne se rapproche de la plus obscure. C'est ce résultat qu'exprime la proposition suivante :

THÉORÈME VI. *Plus deux excitations deviennent petites, plus leur rapport doit grandir pour que la*

différence des sensations correspondantes reste constante.

Ce théorème nous montre pour quelle raison on ne peut plus rien distinguer quand la lumière est excessivement faible, et aussi comment nous pouvons juger, jusqu'à un certain point, du degré absolu de lumière dans les limites inférieures, tandis que le théorème III, p. 46, explique la possibilité de ce jugement dans les limites supérieures.

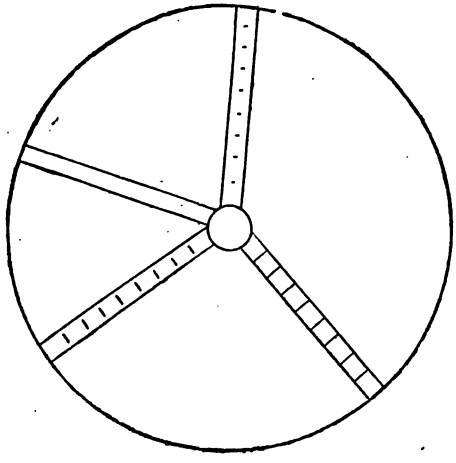
Enfin, combiné avec le théorème III, il nous fait voir pourquoi nous ne pouvons rien distinguer à une lumière trop forte. En effet, par le théorème III, on voit que les parties claires du tableau ne gagnent plus en clarté, tandis que les parties sombres peuvent devenir de plus en plus lumineuses; les contrastes tendent donc, au delà de certaines limites, à s'effacer de plus en plus.

Cette dernière considération nous explique encore comment il peut se faire que δ' soit parfois au-dessous de la moyenne géométrique entre δ et δ''. Il suffit pour cela que la lumière soit assez forte pour que la sensation due à δ'' éprouve grand'peine à s'accroître.

Expériences. — Ces expériences aussi ont été faites assez grossièrement, mais elles mettent en évidence la proposition démontrée théoriquement et les conséquences que nous en avons déduites. Voici l'appareil dont nous nous sommes servi.

Supposons un disque blanc de dix centimètres de rayon. Et imaginons que le long d'un même rayon et à des distances du centre égales à 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 et 9 centimètres on ait tracé dans le sens de la

circonférence un trait noir de 4 millimètres. Si ce disque se met à tourner, on aura une série de huit anneaux gris de plus en plus faibles, en allant du centre vers la circonférence. Nous disons de plus en plus faibles. En effet, si nous représentons par a la circonférence d'un centimètre de rayon, qui est de 62,832 millimètres, celles qui ont 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 et 9 centimètres de rayon sont respectivement de $2a$, $3a$, $4a$, $5a$, $6a$, $7a$, $8a$ et $9a$. Or, puisque, pour former les anneaux, on a enlevé à chacune de ces circonférences 4 millimètres, cela revient à dire qu'il reste à la première $2a-4$, à la seconde $3a-4$, à la troisième $4a-4$ millimètres, et ainsi de suite, c'est-à-dire que les anneaux sombres tranchent de moins en moins sur le disque blanc.



Pour multiplier les épreuves, nous avons dé-

coupé trois bandes d'environ 6 millimètres de largeur; l'une est restée complètement blanche; quant aux deux autres, sur la première furent tracés des traits de deux millimètres de large, et sur la seconde des traits d'un millimètre de large; ces bandes s'adaptaient au disque précédent, de manière à cacher ou découvrir au besoin les traits de 4 millimètres. Cette combinaison permettait de produire à volonté sur chaque circonférence de 2, 3,... 9 centimètres de rayon, des traits noirs ayant en développement à volonté, 1, 2, 3, 4, 5, 6 ou 7 millimètres de largeur.

Cela posé, voici comment nous avons procédé. La bougie pouvait courir entre 1 et 4 mètres. On ne laissait d'abord voir que la bande aux traits noirs d'un millimètre — puis celle de 2 millimètres — puis ces deux bandes à la fois, ce qui donnait des traits noirs de 3 millimètres — puis, la bande blanche cachant ces deux-ci, on laissait voir les traits de 4 millimètres tracés sur le disque — puis ceux-ci et les traits d'un millimètre — ensuite les mêmes et ceux de deux millimètres — enfin les traits réunis de 4, 2 et 1 millimètres. On produirait de cette façon des anneaux gris, tranchant de plus en plus fort sur le fond de l'appareil; or, les épreuves établissent à l'évidence — comme, d'ailleurs, on pouvait s'y attendre — que plus l'anneau est pâle, plus la bougie doit se rapprocher pour qu'il puisse être distingué.

Il vient d'être fait mention de la faculté que nous possédons de juger du degré absolu de lumière. Pour constater jusqu'où elle s'étend, il suffit de

considérer avec quelque attention les contrastes lumineux qu'offre un appartement où le jour pénètre avec peine. Le moindre nuage qui passe sur le ciel les modifie dans leurs intensités et leurs rapports. En voici une preuve frappante. J'assistais à une séance de portrait. Le modèle était pressé, le jour était sombre; et, posté devant sa toile, le peintre s'impatientait. Par moments, le ciel voulait s'éclaircir, et alors son visage, éclairé uniquement par le reflet de la toile, se piquait de points brillants. Or, des changements, qu'il eût été impossible de noter en jetant les yeux vers la fenêtre, se marquaient d'une façon sensible sur les traits de l'artiste.

Troisième série d'expériences ayant pour but de déterminer la valeur de c.

Expériences et conséquences à en tirer. — Si l'on s'en rapporte aux expériences qui ont trait aux théorèmes IV et V, page 71, pour déterminer la valeur de c, et dont nous n'avons pas reproduit le tableau, on trouve que $c = 0,33$, pour $\delta'' = 127,8$; que $c = 1,7$, pour $\delta = 122,3$; que $c = 0,68$, pour $\delta'' = 126,3$; que $c = 0$, pour $\delta'' = 129,4$; enfin que $c = 0,75$, pour $\delta'' = 126$, moyenne entre 122,3, 126,3 et 129,4, c'est-à-dire entre les nombres fournis par les expériences de jour.

Ces résultats signifient que la quantité c est égale à l'éclat produit par un arc de 0,33 degré vu avec l'éclairement d'une bougie placée à la distance de 25 centimètres, ou d'un arc de 1°7 vu par un jour gris, etc. Quant au résultat $c = 0$, il prouve que la

lumière était trop forte et que l'on avait dépassé la limite déterminée par le théorème III.

Mais cette méthode est elle-même trop peu susceptible de précision pour être convenablement appliquée à la recherche d'une quantité aussi petite que *c*. Nous avons donc eu recours à une méthode différente. Elle consistait à déterminer la distance à laquelle la bougie devait être placée pour que l'œil de l'observateur jugeât égaux deux contrastes donnés, par exemple ceux de 13/41 et de 41/100.

Nous n'entrerons pas dans le détail des expériences. Relevons seulement les trois points suivants qui semblent en résulter :

1° *c* varie d'un individu à un autre ;

2° *c* ne reste pas constant pour un même individu pris à des moments différents :

3° *c* reste sensiblement constant pendant un intervalle de temps assez considérable pouvant s'élever à plusieurs heures, pourvu que cet intervalle soit convenablement choisi.

Ce dernier point ne nous paraît pas douteux. Les deux autres sont, sinon démontrés, du moins hautement vraisemblables.

Quoi qu'il en soit, on voit que *c* est assez petit, mais possède pourtant une valeur parfaitement appréciable et mesurable, et nullement à négliger dans les calculs. On voit aussi que *c* varie entre des limites très étendues, puisqu'il peut devenir deux, trois et peut-être même dix fois plus grand que sa valeur minimum.

On lit dans Fechner que la lumière propre à l'œil est égale à l'éclairement d'un écran de velours noir

produit par une bougie placée à environ 9 pieds de distance. On part de cette expérience que l'ombre d'un corps opaque, projetée sur le même écran, disparaît lorsque la bougie est à environ 87 pieds d'éloignement, ce qui revient à dire qu'à ce moment l'œil ne perçoit plus la lumière renvoyée par l'écran. Comme d'après la loi de Weber un accroissement d'excitation, pour être perçu, doit être de 1/100 de l'excitation totale, il s'ensuit que la lumière renvoyée par l'écran, au moment où elle cesse d'être perçue, serait un centième de la lumière propre de l'œil. Celle-ci, étant 100 fois plus grande, serait donc égale à l'éclairement de l'écran de velours obtenu par une bougie dix fois plus rapprochée, c'est-à-dire, placée à la distance de 8,7 pieds [1]. Nous ferons remarquer, entre autres doutes sérieux que l'on peut émettre sur la portée de cette expérience, que cette quantité devrait être beaucoup trop forte, car, nous venons de le voir, plus les excitations sont faibles, plus leur différence doit être grande pour être perçue.

Confirmation générale de la formule de la sensation et construction d'une échelle des sensations.

Détermination de la courbe des excitations. — Nous savons, par ce qui précède, que l'on peut produire des anneaux concentriques qui paraissent à l'œil avoir des teintes parfaitement graduées. Étant données deux limites, l'une circon-

[1] FECHNER, *op. cit.*, t. I, p. 167.

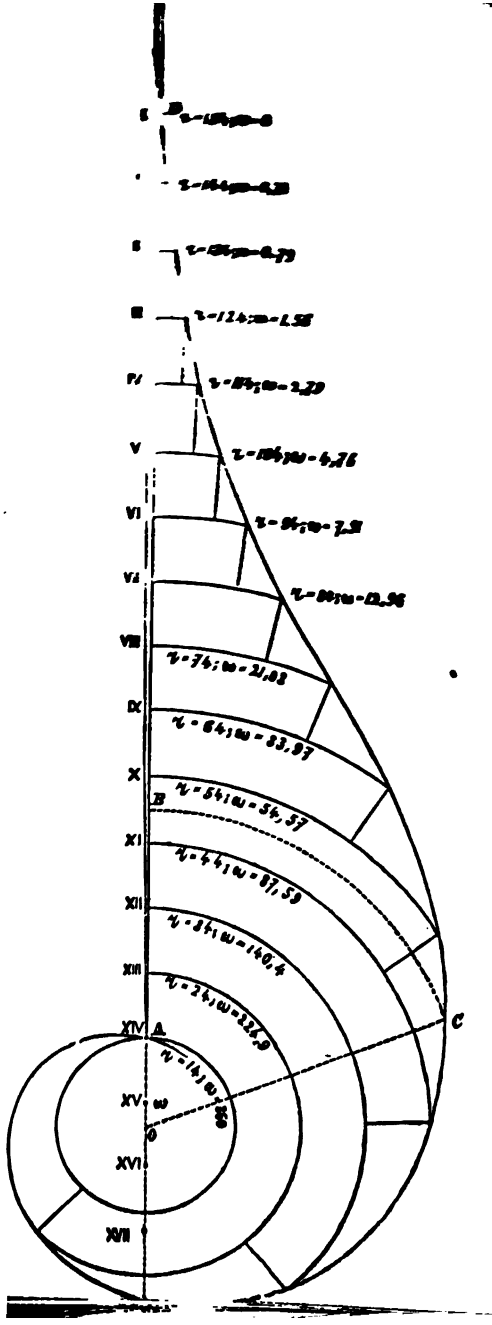
scrite par une première circonférence autour du centre de rotation, l'autre par une circonférence plus éloignée, et toutes deux d'une teinte déterminée, l'intérieure plus claire, l'extérieure plus obscure, on peut se proposer d'y insérer un nombre donné d'anneaux d'égale épaisseur, parfaitement gradués entre eux, ainsi que par rapport aux limites.

Un cas particulier du problème, c'est de donner au cercle intérieur un éclat correspondant à 360° et à l'anneau le plus extérieur un éclat nul.

Le problème sera plus général encore, si l'on se propose d'insérer, entre ces deux limites 360° et 0, un nombre infini d'anneaux égaux parfaitement gradués, ce qui revient à obtenir une figure lumineuse où la lumière va en se dégradant d'une manière continue et uniforme.

Le problème sera tout-à-fait général si les deux limites sont zéro et l'infini.

Si nous imaginons un rayon partant du centre et se prolongeant jusqu'à la limite extérieure, on pourra diviser ce rayon, depuis la limite intérieure jusqu'à la limite extérieure, en parties égales numérotées et compter sur lui les sensations à partir du cercle extérieur. Ce rayon nous le nommons *échelle des sensations*. Si maintenant on compte les degrés de l'arc lumineux qui produit une sensation déterminée, on aura l'excitation correspondante. Et si l'on trace les arcs des excitations à partir du rayon et toujours du même côté, la série continue de leurs extrémités



V
VI
VII
VIII
IX
X
B
XI
XII
XIII
XIV
A
XV
ω
O
XVI
XVII
C
r = 74; ω = 21,08
r = 64; ω = 83,97
r = 54; ω = 54,57
r = 44; ω = 87,59
r = 84; ω = 140,4
r = 24; ω = 226,9

forme une courbe que nous appelons *courbe des excitations* [1].

Si, comme l'indique la figure, nous comptons les sensations à partir de $r = 154^{mm}$, $\omega = 0$, et si nous les numérotons, 0, I, II, III, etc., de centimètres en centimètres, nous formerons l'échelle suivante :

ORDRE des sensations.	VALEURS de r en millimètres.	VALEURS de ω en degrés et centièmes.
0	154	0
I	144	0,30
II	134	0,79
III	124	1,56
IV	114	2,79
V	104	4,76
VI	94	7,91
VII	84	12,96
VIII	74	21,03
IX	64	33,97
X	54	54,57
XI	44	87,59
XII	34	140,4
XIII	24	224,9
XIV	14	360
XV	4	576,1
XVI	—6	921,7
XVII	—16...	1474,6....

Les rayons négatifs se comptent dans la direc-

[1] Voici l'équation polaire de la courbe de la figure : $\omega = k e^{-mr} - c$, et, en spécifiant : $\omega = 695{,}7\, e^{-0{,}047\, r} - {}^1/_2$; ω représente un nombre de degrés, r un nombre de millimètres. La gravure représente le carton dont nous nous sommes servi, réduit d'un dixième seulement. Nous nous sommes donné $c = {}^1/_2$; $\omega = 360°$ pour $r = 14$ millimètres ; $\omega = 0$ pour $n = 154$ millimètres.

tion OD'. Les résultats précédents montrent que la courbe, à partir du moment où elle a atteint le point A, prend une figure spiriforme de plus en plus marquée, et que les tours de spire deviennent de plus en plus nombreux dans un espace donné, d'un centimètre de large par exemple. Ainsi il y en a un dans l'espace compris entre $r = 4$ et $r = -6$; deux dans l'espace compris entre $r = -6$ et $r = -16$, et ainsi de suite. La courbe se rapproche du centre O qu'elle atteint quand $r = 0$, et que par conséquent $\omega = 695{,}3$ degrés, correspondant à la sensation XV et 4 dixièmes; et elle s'en éloigne ensuite à l'infini pour $r = -\frac{1}{0}$. Enfin du côté de D, pour des valeurs imaginaires de δ ou négatives de ω, elle peut se poursuivre théoriquement au delà du point D, couper la ligne OD, et avoir pour asymptote la ligne droite OE, qui fait un angle $\omega = c = \frac{1}{2}$ avec la droite OD.

En vertu du théorème II, p. 45, pour des accroissements de sensation égaux, les accroissements d'excitation suivent une progression géométrique. Ici la raison de cette progression, quand les sensations se comptent de centimètres en centimètres sur l'échelle des sensations, est de 1,60 ou plus exactement de 1,5995. Si, au contraire, on compte les sensations par 5 millimètres, la raison est 1,265. Enfin, si on les compte par millimètres, la raison est 1,057.

Une dernière remarque. Quand r est en dessous de la valeur OA, ω est supérieur à 360° et atteint rapidement des valeurs de plusieurs circonférences entières. Pour réaliser expérimentalement ces conditions, à première vue impraticables, il suffirait

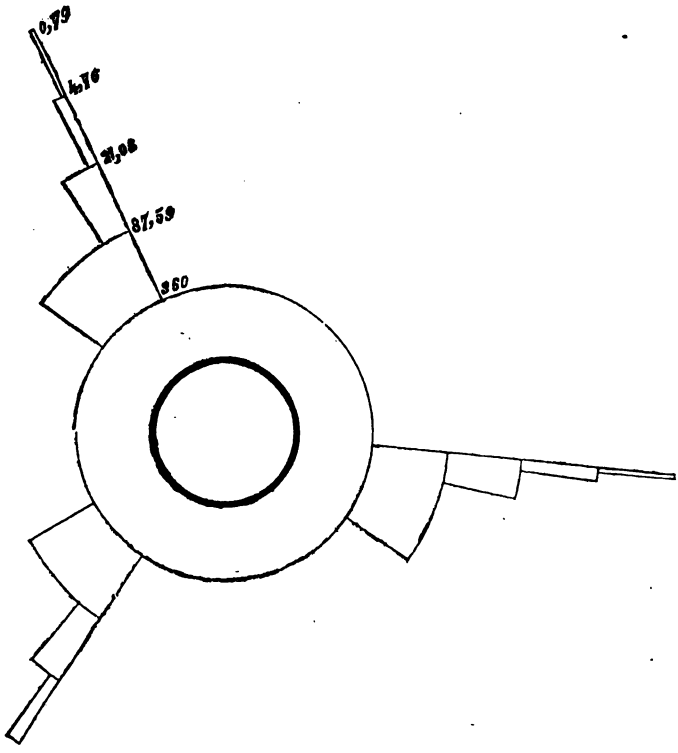
d'augmenter la lumière dans de certaines proportions et de modifier la courbe en conséquence. Un arc de 400° éclairé par une lumière déterminée, est égal en éclat à un arc de 200° éclairé par une lumière double, ou à un arc de 100° éclairé par une lumière quadruple.

Expériences. — Si l'on découpe un carton d'après la formule précédente, et qu'on l'attache à l'appareil tournant, après avoir caché le cercle central par un cercle en velours noir, quand on le fait tourner devant la caisse noire, on obtient une belle figure lumineuse dont les teintes vont en s'affaiblissant d'une manière insensible du centre noir vers la circonférence. Si la lumière devient très forte, la partie extérieure de cette figure s'éclaire proportionnellement plus que la partie centrale. L'inverse a lieu quand la lumière s'affaiblit.

Au lieu d'une figure de dégradation continue, on peut, en taillant les bords du carton, soit de millimètres en millimètres, soit de centimètres en centimètres, comme le marque la figure, soit d'après toute autre proportion, obtenir une série d'anneaux concentriques plus ou moins nombreux, qui vont en s'assombrissant uniformément.

Mais ce n'est pas là la manière la plus commode de vérifier la propriété de la figure. En effet, il faut, pour produire des anneaux d'une lumière bien pure et bien égale, donner à l'appareil un mouvement de rotation extrêmement rapide, et qui est presque toujours insuffisant pour l'extrémité. Il est plus commode alors de répartir les nombres fournis par la figure sur des espèces d'étoiles à plusieurs bras,

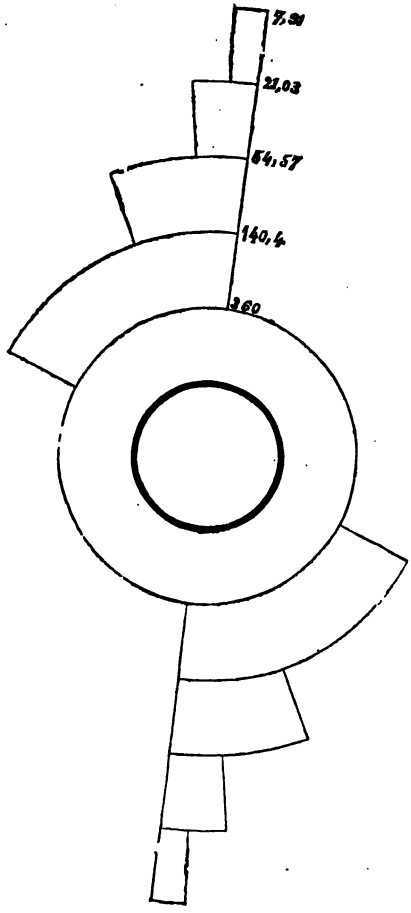
taillés eux-mêmes en échelons, de manière que la somme des arcs respectifs d'un même anneau cor-



responde exactement à l'arc de l'échelle. Nous donnons ici deux modèles de ces sortes de figures.

Nous devons ici mentionner un fait remarquable et qui confirme la loi exprimée dans l'échelle. Nous

avions découpé un carton à sept anneaux, correspondant aux nombres 360°; 140,4; 54,6; 21; 7,9;



2,8 et 0,8. Or, par une erreur de tracé, nous avions mis un degré en moins à l'anneau 7,9. Tout le monde, d'un avis unanime, trouvait cet anneau trop sombre, et nous en étions consterné. Nous reprenions nos chiffres et nos calculs, et nous les trouvions exacts. Ce n'est qu'en remesurant notre tracé que nous avons découvert l'erreur. Une fois cette erreur corrigée, le jugement de tous se montra de nouveau satisfait.

Ceci nous a conduit à une expérience de vérification concluante. Après avoir découpé de minces secteurs circulaires d'un tiers de degré, d'un demi-degré, d'un degré, nous les fixions en même temps que notre figure à l'appareil tournant. L'harmonie des teintes était aussitôt détruite plus ou moins gravement, surtout vers la périphérie. Un seul degré affectait déjà plus de la moitié des anneaux — et une surcharge de trois degrés troublait complètement l'harmonie des anneaux du centre.

On peut se demander aussi quel effet produit une figure construite d'après une autre formule. Nous avons découpé un carton où les excitations décroissaient d'une manière continue proportionnellement à l'accroissement du rayon. Ce carton, mis en rotation, se décomposait à la vue en deux ou trois zones indécises, l'intérieure très grande, d'un éclat uniforme, une autre excessivement étroite vers le bord et très obscure, et la troisième, intermédiaire, un peu moins étroite, et se fondant dans ses deux voisines. Nous avons encore découpé un carton où les excitations décroissaient à partir du centre d'une manière discontinue et régulière, mais non confor-

mément à la formule; un phénomène analogue se produisait : plusieurs anneaux paraissaient avoir des teintes à peu près égales; puis à ceux-ci succédaient une série d'anneaux qui, à peu près égaux aussi entre eux pour la teinte, différaient notablement des premiers, et ainsi de suite. C'est là une confirmation négative de la formule.

Il est maintenant facile de reproduire au moyen de notre figure toutes les expériences précédentes. Car pour trouver trois anneaux gradués, étant pris arbitrairement l'anneau moyen, les anneaux intérieur et extérieur sont situés sur la figure à la même distance du premier. Soit, par exemple, donné l'anneau moyen 87°59, correspondant au rayon de 44 millimètres et à la sensation XI, si partant du point marqué de ce chiffre on porte la même ouverture arbitraire de compas de part et d'autre sur la droite OD, on détermine deux anneaux d'un éclat tel que l'éclat du premier leur est intermédiaire. Or, si l'on produit, au moyen de notre appareil primitif aux cartons mobiles, les anneaux correspondant aux nombres de degrés ainsi déterminés, et si on les donne à comparer, tout le monde, presque sans exception, les jugera parfaitement gradués.

Telle est la vérification *à posteriori* de la formule $s = \log \frac{c+\delta}{c}$.

Considérations finales sur la loi de la sensation. — Avant de passer à un autre sujet, rappelons ce que nous disions dans les premières pages de ce mémoire. Pour fonder une physique des phénomènes internes, il faut arriver à leur appliquer

une mesure; il faut arriver à pouvoir dire, par exemple, que telle sensation est double, triple, la moitié d'une autre. Cette question est maintenant résolue, sauf erreur, au moins pour les phénomènes de sensation de lumière blanche. Ainsi, si nous nous reportons à notre échelle, la sensation VI est double de la sensation III, triple de la sensation II, sextuple de la sensation I, la moitié de la sensation XII, etc.

Un premier pas est donc fait qui permet de remonter à la cause de cette sorte de sensation, et peut-être de la sensation en général. Notre but n'est pas pour le moment d'aller plus loin. Nous ferons seulement observer que la loi $s = \log \frac{c + \delta}{c}$ ne permet pas de considérer δ ou l'excitation, censée proportionnelle à la modification organique, comme la cause directe et immédiate de la sensation. Cette loi se rapproche par sa formule et sa portée de la loi de Newton sur le refroidissement. De part et d'autre il faut placer la cause du phénomène dans une rupture d'équilibre.

Ajoutons une dernière remarque. Cette loi, dont on est redevable à Weber, avait cependant été implicitement découverte avant lui, et, pour ainsi dire, dès l'antiquité, pour des phénomènes du même ordre. En effet la science acoustique nous apprend que la hauteur d'un son, que le ton est proportionnel au logarithme du nombre des vibrations imprimées à l'air dans un temps donné [1]. Cette coïncidence est

[1] Comparer FECHNER, *Op. cit.* t. II, p. 163 *sqq.* On n'exprime pas ordinairement cette loi d'acoustique de

extrêmement curieuse en ce que précisément le son est un phénomème senti comme l'intensité de lumière. De plus, la qualité du ton n'est percevable qu'entre certaines limites, et le jugement sur les différences de tonalité n'est délicat que dans une région moyenne renfermée entre ces limites. Enfin, de même que la lumière doit avoir une certaine intensité pour se détacher sur le fond à certains égards lumineux de l'œil, et être perçue, de même il faut que le son ait une certaine hauteur pour se détacher sur le fond sonore et grave de l'oreille [1].

Nous ne pousserons pas plus loin la comparaison; il nous suffit d'en avoir mis la portée en relief.

Nous allons aborder maintenant la seconde partie de notre travail, la partie la plus courte, et en même temps la plus faible, celle où nous chercherons à confirmer expérimentalement la loi de l'épuisement.

cette façon. On se contente de faire remarquer que le ton croît d'une octave quand le nombre de vibrations est double, de deux octaves, quand ce nombre est quadruple, etc. Voir une Note publiée par nous dans les *Bulletins* de l'Académie (tome XXI) *Sur la détermination rationnelle des nombres de la gamme chromatique.* Nous cherchons à y démontrer que ces nombres constituent une progression géométrique altérée de manière à fournir des rapports rationnels, les uns entiers, les autres fractionnaires, entre ces termes.

[1] Sur ce point nous ne sommes par d'accord avec Fechner. Cf *Op. cit.*, t. II, pp. 271,7, et aussi t. I, p. 165.

EXPÉRIENCES RELATIVES A L'ÉPUISEMENT.

Description de la méthode et hypothèse. — Comme nous l'avons dit plus haut, la formule de l'épuisement nous a paru rétive à l'expérimentation.

Nous savons en gros que le sentiment de l'épuisement est dans un certain rapport avec le travail produit, lequel est censé proportionnel à la force dépensée. Pour trouver la relation qui unit ces deux quantités, il est nécessaire de dresser une double échelle. Il y a deux façons de l'établir. D'abord on peut faire croître en progression arithmétique le travail effectué, et noter en regard la fatigue correspondante; ou bien, on peut se proposer de faire croître la fatigue en progression arithmétique, et écrire en face le travail correspondant.

La première méthode nous a paru impraticable. Sans doute, il n'est pas difficile de faire croître le travail en progression arithmétique, il suffit pour cela d'élever régulièrement un poids donné à une hauteur donnée. Mais ce qui est difficile, c'est d'évaluer la fatigue correspondante. Le sens intime constate en gros que la fatigue croît rapidement, mais il ne va pas au delà de cette observation imparfaite.

La deuxième méthode nous a paru, au contraire, justiciable de l'expérimentation. Si nous ne pouvons pas comparer d'une façon précise deux fatigues inégales, ni dire si l'une est double ou triple de l'autre, nous pouvons jusqu'à un certain point com-

parer des fatigues ou efforts égaux. Ainsi celui qui lancerait deux cailloux de volumes différents à la même distance, dirait parfaitement qu'il lui a fallu faire plus d'effort pour l'un que pour l'autre, mais ne pourrait évaluer en nombres le résultat de la comparaison; tandis que le même individu pourrait à la rigueur faire approximativement le même effort pour lancer l'un et l'autre caillou.

Cette égalité d'effort, nous avons pensé qu'on l'obtient le plus approximativement possible chaque fois que l'on fait le maximum d'effort. Ainsi, pour reprendre l'exemple cité plus haut, c'est un fait d'expérience que celui qui lance le même caillou le plus loin possible, le lance, en général, toutes circonstances égales d'ailleurs, à peu près à la même limite.

C'est là notre hypothèse fondamentale.

Soit donc un ressort à déformer — nous nous sommes servi pour nos expériences d'un dynamomètre Regnier — et chargeons la personne soumise à l'expérimentation de déformer le ressort le plus possible, et plusieurs fois de suite; il est évident *à priori* que les chiffres amenés auront une tendance marquée à décroître. Cette personne amènera, par exemple, d'abord le chiffre 100, puis le chiffre 90, puis le chiffre 81, et ainsi de suite. La fatigue, par hypothèse, aura crû de quantités toujours égales; le travail, au contraire, aura crû de quantités de plus en plus petites. On aura ainsi une double série de nombres qui permettra de vérifier la loi. Mais combien la pratique vient apporter de trouble dans les prévisions de la théorie, et bouleverser cette décroissance *à priori* si rationnelle!

Précautions à prendre. — Nous avons fait des milliers d'expériences inutiles, parce que nous avions négligé des précautions reconnues ensuite comme essentielles.

C'est ainsi d'abord que nous nous sommes convaincu qu'il était indispensable de rythmer aussi régulièrement que possible tous les mouvements des bras et des mains, pour que l'effort se reproduise dans des conditions et positions identiques.

Il faut ensuite que l'expérimentateur soit exercé à la manœuvre. En effet, chez les uns les mains se blessent, et cette circonstance fait descendre rapidement la série; ou, quand ils modifient la position des mains, la série change brusquement de caractère. D'autres acquièrent plus ou moins promptement l'habitude de l'instrument, et la série, au lieu de décroître, croît pendant un certain temps.

Enfin il faut procéder avec une certaine rapidité, sans quoi les résultats sont viciés par deux causes perturbatrices opposées. D'un côté le corps se fatigue à la suite d'une station prolongée et d'une immobilité relative; de l'autre intervient le phénomène de la réparation des forces, par lequel l'organisme entier délivre aux bras de nouvelles forces puisées dans le réservoir commun. Cette dernière cause perturbatrice ne peut, on le conçoit, s'éliminer complètement. Quelle que soit la rapidité avec laquelle on procède, il y a nécessairement, entre les deux épreuves, un intervalle, si court qu'il soit, pendant lequel on se repose et l'on reprend des forces. Cette cause se fait surtout sentir quand, pour une raison ou pour une autre, on a amené un

chiffre trop faible; on se relève alors tout d'un coup et l'on remonte presque au chiffre du point de départ.

Difficultés et différences personnelles. — Ces précautions générales prises, on n'en a pas fini avec toutes les difficultés.

D'abord qu'est-ce que l'effort maximum? Il y a sans doute une limite que l'effort ne peut dépasser, mais on s'arrête toujours forcément en deçà de cette limite, de sorte qu'on s'en approche tantôt plus, tantôt moins. Tantôt, quand on pourrait amener 100, on n'amène que 95; et une autre fois, on amène 99. De là une série telle que celle-ci, par exemple : 100, 94, 90, se transforme en la suivante : 95, 93, 85. Il en résulte que la série, au lieu de décroître d'une façon continue et régulière, présente des ralentissements, des arrêts, et parfois des rebroussements.

Puis il faut tenir compte de l'énergie morale. La volonté peut mollir ou s'exalter : parfois elle rassemble toutes les forces de l'organisme en un suprême effort; et après s'être traîné longtemps dans les 30 et les 20, on remonte aux 50 et aux 60.

Il y a à cet égard des différences personnelles remarquables. Nous inscrivons ici sous la rubrique *Expérimentateur A* trois des séries (d'ailleurs toutes du même caractère) fournies par notre servante. C'est une Ardennaise, laborieuse, active, très-forte et infatigable; seulement ne lui demandez pas une rapidité ou un effort exceptionnels; elle ne pourrait vous les donner. Elle va d'un pas mesuré et uniforme, mais indéfiniment. En un mot, elle est habituée à régler sa dépense de force sur la faculté réparatrice, et peut ainsi dépenser uniformément

pendant une très longue période de temps. Aussi voyez quelles séries elle nous a données !

EXPÉRIMENTATEUR A.

I.	II.	III.
50 55 55 50 50	53 50 49 43 37 50 47 43 35	64 58 48
50 47 55 49 45	46 47 47 45 38 45 47 44 42	62 55 47
49 52 53 46 44	51 47 38 47 36 43 49 43 45	60 54 48
51 53 55 53 49	49 48 45 44 42 47 45 42 47	55 52 50
53 52 53 42 46	50 45 37 59 44 47 44 45 47	58 54 47
56 53 55 39 47	55 46 44 40 41 47 39 42 47	58 45 50
59 52 52 58 47	53 44 46 47 41 52 45 45 45	62 53 50
55 55 53 50-47	54 52 47 44 44 49 48 50 47	61 53 51
56 50 52 50 51	53 51 46 40 46 49 47 43 47	61 47
57 53 51 53 46	51 51 44 39 37 50 47 38 40	60 47
60 54 53 50 43	51 51 41 42 45 45 47 46	60 52
54 55 53 47 55	52 49 45 37 41 46 49 41	60 47
51 51 55 47 41	52 45 46 36 43 49 46 42	59 48
53 55 53 47 51	55 49 43 34 43 42 44 39	57 46
54 53 53 50 49	55 47 42 30 44 48 49 37	60 49
52 50 48 35 48	53 46 49 29 45 45 42 42	57 50
50 55 48 49 58	54 44 41 35 44 50 46 38	58 45
49 53 49 44	51 45 39 30 50 47 49 45	55 54
50 53 45 49	50 49 49 39 44 50 49 39	57 46

La seconde se compose de 162 nombres, et c'est à peine si l'on y constate de la défaillance. La moyenne des cinq premiers est 49,8, et celle des cinq derniers, 45,2. Cette longue épreuve ne l'avait donc pas épuisée. Nous ne doutons pas que beaucoup d'ouvriers, principalement de ceux qui sont astreints à un travail corporel pénible et continu, les terrassiers, les paveurs, les messagers, etc., ne fournissent des séries analogues.

Combien différentes sont les deux seules séries obtenues par l'expérimentateur B, personne très

âgée. Elles décroissent rapidement et l'on observe qu'elle arrive en peu de temps à un état voisin de l'anéantissement. Il en est de même de la série de C, malgré ses soubresauts qui manifestent trois périodes, une d'énergie très grande, mais gauche, une de mollesse relative, une troisième et dernière d'énergie. Des observations semblables pourraient être faites à l'occasion de la série de D.

La série de E, de son côté, révèle un caractère intermédiaire entre les séries de A et celle de B, c'est-à-dire, la décroissance est manifeste, mais moins rapide.

Ce peu de mots suffit pour faire voir que chaque série revêt une physionomie particulière qui reflète les dispositions momentanées ou permanentes de l'observateur.

EXPÉRIMENTATEURS B, C, D, E.

B.		C.	D.		E.	
I.	II.	72	79	39	69	43
		77	67	35	69	47
26	30	77	67	37	65	49
25	29	57	61	34	63	44
20	24	67	61	32	61	50
18	21	56	49	29	58	35
15	18	53	44	28	50	45
15	15	60	41	33	56	46
12	13	58	45	28	60	44
10	11	55	45	25	58	45
8	8	54	38	29	54	37
5	9	52	42	29	50	34
	4	50	36	22		
		45	29			
		43				

Caractères généraux des fins de série.

EXPÉRIMENTATEURS D ET F.

	D.														
I.	II.			III.											F.
79	63	36	23	85	68	52	45	52	36	59	54	52	44	47	34	30
67	60	35	23	86	66	57	43	52	57	47	42	49	46	50	39	29
67	61	31	23	80	67	48	46	50	55	43	46	52	56	51	38	25
61	55	31	22	82	64	57	52	49	51	46	47	49	55	42	46	24
61	55	35	20	80	58	52	46	53	49	48	44	48	53	36	47	22
49	53	35	17	79	61	49	46	53	57	44	44	46	45	43	47	21
44	52	37	22	71	55	51	43	52	51	47	46	39	48	47	47	18
41	50	32	20	82	60	51	48	50	56	42	47	45	55	41	41	18
45	49	30	14	82	61	50	48	51	54	48	45	48	53	42	40	18
45	50	32	20	65	57	50	45	48	50	49	54	47	49	46	41	15
38	48	29	22	72	60	50	47	49	46	49	48	39	44	45	38	14
42	46	27	18	65	56	54	52	53	49	51	44	47	53	41	43	14
36	51	32	22	71	62	46	52	47	46	55	47	41	52	42	43	13
29	45	27	20	62	60	47	54	53	48	52	47	44	48	40	42	15
39	44	27	22	72	55	53	51	45	51	41	47	47	44	45	35	12
35	44	28	19	65	62	52	49	44	50	47	48	47	40	45	46	11
37	38	28	21	68	65	47	54	51	43	44	50	51	45	44	45	12
34	46	31	22	65	62	50	53	47	49	50	43	51	47	38	47	13
32	42	29	20	66	58	43	51	50	51	48	48	51	46	49	49	11
24	42	28	18	68	57	51	52	50	54	48	47	54	51	43	49	11
28	42	29	19	69	55	51	57	44	52	43	46	58	47	43	39	11
33	46	31	18	64	52	55	54	45	49	53	40	56	45	45	41	12
28	40	28	21	64	52	52	53	45	47	53	48	54	43	38	37	10
25	34	27	23	64	57	44	50	47	46	43	47	48	46	42	37	10
29	40	26	21	66	54	51	54	46	46	46	47	54	50	39	37	8
29	40	28	21	64	56	45	48	39	42	47	46	52	44	40	44	9
22	34	28	15	64	51	44	50	45	51	45	48	50	48	44	42	9
	34	29	18	60	51	46	45	44	47	45	41	50	42	42		

En étudiant de cette façon et séparément la physionomie de chaque série, nous avons été conduit à une remarque capitale : c'est que, au-delà d'une

certaine limite, l'épuisement devient sensiblement uniforme et constant ; et l'on fournit des fins de séries en tout semblables aux séries de A.

Parmi les séries nombreuses que nous avons obtenues de beaucoup d'expérimentateurs, que nous ne pouvons assez remercier pour leur complaisance, nous en notons trois de D dont la dernière comprend près de 350 chiffres et une de F. Elles suffisent pour confirmer cette remarque que l'on peut faire à propos de toutes les séries de quelque étendue.

Il semble donc que la nature, quand elle s'aperçoit que les forces s'épuisent, impose rigoureusement l'économie ; et, sans recourir à des métaphores spécieuses, comme c'est à la volonté qu'on fait appel pour produire l'effort musculaire maximum, on conçoit sans peine que, la force diminuant, la volonté elle-même manque de force pour donner des ordres vigoureux. Voilà pourquoi, dans la suite, pour démontrer définitivement la formule, nous nous sommes contenté de séries de cinq nombres.

Difficultés de la mise en œuvre des résultats. — Là ne s'arrêtent pas les difficultés de la méthode. On croirait peut-être qu'avec un grand nombre de séries de toute nature on pourrait construire des moyennes. Illusion ! Nous avions inscrit dans une colonne verticale tous les nombres amenés depuis 90 jusqu'à 4, et sur une ligne horizontale, en face de chacun d'eux, nous avions indiqué tous les nombres qui l'avaient suivi dans les différentes séries. Par exemple, le nombre 40 avait été suivi des nombres 36, 41, 42, 41, 38, 34, 36, 50, 37, 38, 38, 40, 41, 33, 35, 40, 35, 40, 34, 40, 35

— moyenne 38,3. Il semble, à première vue, que ce procédé puisse être suivi. Cependant le nombre 44 se trouvait, par exemple, suivi des nombres 35, 48, 47, 42, 40, 47, 47, 44, 40, 44, 41, 46, 53, 43, 40, 37, — moyenne 43,4; résultat peu en harmonie avec le précédent. C'est que, pour rencontrer une fois un nombre donné, il faut compulser un grand nombre de séries. Or, chez tel expérimentateur, ce nombre est en tête de la série et suivi de nombres beaucoup plus bas; chez d'autres, ce nombre tombe dans la période de mollesse et précède des nombres relativement élevés. Tel nombre ne se trouve jamais que dans les périodes de mollesse; tel autre dans les périodes d'énergie. Pour arriver, par cette méthode, à des moyennes probables, il faudrait qu'un même expérimentateur, opérant toujours dans les mêmes conditions, c'est-à-dire commençant à peu près par les mêmes nombres, se livrât à cet exercice plusieurs heures tous les jours, pour fournir une suite très-considérable de séries comparables; il faudrait que chaque nombre eût été amené au moins une cinquantaine de fois dans des circonstances à peu près semblables.

De cette façon même oserait-on se servir de ces moyennes? C'est douteux. Comment oser comparer, par exemple, les trois séries schématiques et régulières suivantes qui renferment toutes trois les nombres 100 et 80?

100, 80, 64, 50. . . . . .
100, 90, 80, 72, 66, 60, 55 . . .
100, 95, 91, 87, 83, 80, 77, 75 . .

Jusqu'à quel point pourrait-on dire que la moyenne après 100 est $\frac{1}{3}(80 + 90 + 95) = 88,3$; et que la moyenne après 80 est $\frac{1}{3}(64 + 72 + 77) = 71$? Nous ne savons si le calcul des probabilités pourrait aborder une question aussi délicate.

Mais combien la question est plus épineuse encore quand on accepte les chiffres réels, lorsque les nombres sont, par exemple, les suivants pris dans des séries, pourtant presque régulières, provenant de la même personne :

86;	85;	84;	82;	80,5;	79,5;	71,5.
50;	54;	49;	45;	44;	42;	40.
64;	60;	58;	58;	56;	55;	53.
63;	60;	61;	55;	55;	53;	52.
79;	67;	67;	61;	61;	49;	44.

Ces séries, obtenues à différents intervalles, appartiennent, pour ainsi dire, à des personnes différentes.

Méthode employée. — C'est pourquoi nous avons cru devoir opérer nous-même. Nous pouvions de cette façon apprécier par l'avance l'énergie que nous mettions à faire le maximum d'effort; nous constations intérieurement les moments de défaillance, et nous rejetions par avance toute série dont un des nombres nous paraissait vicié. Comme nous l'avons dit plus haut, nous nous contentions de cinq nombres. Il devenait dès lors évident qu'un nombre trop faible troublait trois des quatre rapports que ces cinq nombres fournissaient. En effet, soient a, b, c, d, e, ces cinq nombres, et supposons que c soit trop faible; les rapports $b : c$, et $c : d$ ne seront plus exacts; d'un autre côté, comme nous

l'avons fait voir, *d* a gagné en force ce que *c* avait eu en moins, de sorte que les rapports *c : d* et *d : e* sont eux-mêmes altérés pour cette cause.

Ensuite nous rejetions encore *à posteriori* toute série qui présentait des anomalies trop sérieuses, bien que nous ne nous fussions pas aperçu d'une défaillance. Ainsi était écartée toute série où un nombre quelconque était plus fort que le précédent.

De plus, nous essayions d'obtenir le même jour, et de préférence le matin, plusieurs séries. Nous avions remarqué en effet qu'après les repas et suivant leur nature, les nombres avaient un tout autre caractère qu'avant; et que toute série un peu longue changeait de physionomie suivant les progrès de la digestion.

Les séries obtenues de la nouvelle manière étaient comparables. Nous mettions un intervalle d'une dizaine de minutes après la production de chaque série. Généralement de cette façon nous obtenions des séries de même figure.

Enfin, si cependant une série s'écartait pour le caractère des séries sœurs, nous la rejetions aussi de ce groupe, et nous la réservions pour un groupe à part.

D'après le théorème I, page 44, les nombres de ces séries doivent être en progression géométrique. En effet, d'après l'énoncé de ce théorème, pour des accroissements de fatigue égaux, les accroissements de dépense ou de travail suivent une progression géométrique. La fatigue a passé par les phases 0, 1, 2, 3, 4, 5, et le travail produit a été respectivement chaque fois *a*, *b*, *c*, *d*, *e*. Ces derniers nombres

doivent donc être en progression géométrique, c'est-à-dire que leurs logarithmes doivent être en progression arithmétique, c'est-à-dire encore que la différence de ces logarithmes doit être constante.

Expériences. — Nous donnons dans le tableau ci-joint, un exemple d'une série des trois premiers groupes.

	Nombres amenés.	Logarithmes.	Différence des logarithmes.	Différence moyenne	Logarithmes théoriques.	Nombres théoriques.	Nombres amenés.	Logarithmes.	Différence des logarithmes.	Différence moyenne	Logarithmes théoriques.	Nombres théoriques.
A	915	96142			96142	915	915	96142			96142	915
	840	92428	3714		93540	862	870	93952	2190		93388	859
	770	88649	3779	2602	90937	812	800	90309	3643	2754	90634	806
	760	88081	568		88324	747	750	87506	2803		87880	765
	720	85731	2328		85731	720	710	85126	2380		85126	710
B	970	98677			98677	970	950	97772			97772	950
	880	94448	4229		94979	891	880	94448	3224		94221	875
	786	89209	5239	3698	91281	818	803	90472	3976	3551	90671	807
	740	86923	2286		87583	751	745	87216	3256		87120	743
	690	83885	3038		83883	690	685	83569	3647		83569	685
C	885	94694			94694	885	879	94399			94399	879
	830	91980	2786		92454	840	781	89265	5134		90253	799
	780	89209	2699	2240	90213	798	735	86629	2636	4146	89107	726
	740	86923	2286		87973	758	658	81823	4806		81961	660
	720	85733	1190		85733	720	600	77815	4088		77815	600

Les trois premières colonnes verticales de chaque série dans le tableau précédent contiennent les nombres, leurs logarithmes, moins la caractérisque, et leurs différences.

Les trois colonnes suivantes contiennent la différence moyenne, les logarithmes théoriques et le nombre théorique, la comparaison est donc facile.

Les séries étant par hypothèse en progression géométrique plus ou moins déguisée, on n'a pas le droit de les additionner.

Conclusion. — Si l'on examine ce tableau, quelques séries frappent par leur régularité, par exemple la seconde du second groupe par excellence, et les séries suivantes : la seconde du premier groupe; la première et la seconde du troisième groupe. D'autres, au contraire, frappent par leur irrégularité, surtout la première du premier groupe. Cependant toutes ces irrégularités sont inconstantes et affectent tantôt l'une, tantôt l'autre place, tantôt plusieurs places. En un mot, elles semblent se contrebalancer. Inutile d'en donner la preuve.

Nous ne disconviendrons pas cependant que la discussion à laquelle nous venons de nous livrer est subtile et sujette à caution. Nous nous sommes largement permis d'écarter ce qui nous gêne et de garder ce qui nous convient. Néanmoins, à tout prendre, les résultats que nous avons fait connaître confirment plutôt qu'ils n'infirment la formule. Or, nous ne pouvons ni ne voulons aller au-delà. De plus, il est certain que nous n'avons pas entrepris la vérification de cette formule dans les limites inférieures. Nous avons cru toutefois devoir faire

connaître le problème important que nous avons abordé, les procédés que nous avons employés pour lui trouver une solution, et les résultats, quelle qu'en soit la valeur, auxquels nous sommes arrivé. Nous avons pensé que cette première tentative, tout imparfaite qu'elle est, pourrait avoir pour effet d'engager quelques savants à étudier la même question sous d'autres aspects; ils imagineront peut-être des méthodes plus ingénieuses et plus rigoureuses et arriveront ainsi à une solution moins problématique que la nôtre. Or, celui qui le premier saisira dans toute sa vérité et dans toute sa virtualité la formule des rapports de la fatigue et du travail, aura fait faire à la physique de l'âme un pas considérable, et ouvert la voie vers un monde de phénomènes que la science jusqu'ici n'a qu'à peine effleurés.

APPENDICE.

Démonstrations des théorèmes IV, V et VI [1].

THÉORÈME IV. On a, par hypothèse, pour une lumière donnée :

$$s' - s = s'' - s';$$

d'où l'on tire en vertu de la formule $s = \log \frac{c + \delta}{c}$:

$$\frac{c + \delta'}{c + \delta} = \frac{c + \delta''}{c + \delta'},$$

ou encore :

$$\delta'^2 + 2c\delta' = (\delta + \delta'')\, c + \delta\delta'' \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Or, quand la lumière diminue, δ, δ' et δ'' deviennent a fois plus petits, a étant une quantité positive plus grande que l'unité; et l'expérience nous apprend que l'égalité précédente devient alors l'inégalité suivante :

$$\delta'^2 + 2ac\delta' < (\delta + \delta'')\, ac + \delta\delta''. \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Retranchant (1) de (2), ce qui est permis puisque a est plus grand que 1, il vient :

$$2\,(a - 1)\, c\delta' < (\delta + \delta'')\,(a - 1)\, c;$$

d'où :

$$2\delta' < \delta + \delta''.$$

Ce qu'il fallait démontrer.

[1] Voir pages 72 et 75.

THÉORÈME V. Écrivons les deux relations (1) et (2) sous la forme :

$$\frac{\delta'^2}{c} + 2\delta' = \delta + \delta'' + \frac{\delta\delta''}{c} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

$$\frac{\delta'^2}{ac} + 2\delta' < \delta + \delta'' + \frac{\delta\delta''}{ac} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

et retranchons (4) de (3), il vient :

$$\frac{\delta'^2}{c}\left(1 - \frac{1}{a}\right) > \frac{\delta\delta''}{c}\left(1 - \frac{1}{a}\right);$$

d'où

$$\delta'^2 > \delta\delta''.$$

Ce qu'il fallait démontrer.

COROLLAIRE I. On peut poser :

$$2\delta' = \delta + \delta'' - h^2; \text{ et } \delta'^2 = \delta\delta'' + k^2.$$

Substituant ces valeurs dans l'équation (1), on en tire :

$$k^2 - ch^2 = 0,$$

équation qui serait impossible si c était négatif.

THÉORÈME VI. Soit $\delta'' > \delta'$, et $s'' - s' = \log\frac{c + \delta''}{c + \delta'} = \log k$; k étant plus grand que 1.

Supposons que δ' devienne $\delta' - x$, et que δ'' devienne $\delta'' - y$, et donnons-nous pour condition que k reste constant; il faut pour cela que l'on ait :

$$\frac{c + \delta''}{c + \delta'} = \frac{c + \delta'' - y}{c + \delta' - x} = k \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Équations d'où l'on tire :

$$\frac{y}{x} = k; \quad \text{d'où} \quad y > x.$$

Les deux fractions de l'égalité (1) sont égales et plus grandes que l'unité.

Les termes de la première sont plus grands que ceux de la seconde ; si donc on retranche une même quantité c

des deux termes de chacune de ces fractions, la première deviendra plus petite que la seconde, et l'on aura :

$$\frac{\delta'' - y}{\delta' - x} > \frac{\delta''}{\delta'} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

c'est-à-dire que le rapport des excitations plus faibles doit être plus grand pour que la différence des sensations reste constante. C. q. f. d.

CORRESPONDANCE

A PROPOS DE LA LOI DE FECHNER.

Première lettre de M. J. Tannery [1].

A MONSIEUR ÉMILE ALGLAVE,

DIRECTEUR DE LA *Revue scientifique*.

Monsieur,

La *Revue* a publié dernièrement plusieurs articles extrêmement intéressants de M. le professeur Ribot sur les progrès ou plutôt sur les commencements d'une science qui tiendrait le milieu entre la psychologie et la physiologie. L'un de ces articles est relatif à la loi dite de Fechner, en vertu de laquelle la sensation serait proportionnelle au logarithme de l'excitation. J'ai quelque peine, je l'avoue, à comprendre cette loi. Me permettrez-vous de la critiquer un peu, en regardant les choses d'une façon qui m'est peut-être plus familière que les spéculations de pure philosophie?

Comme on ne peut prendre le logarithme que d'un nombre et que le logarithme d'un nombre est un nombre, il faut, pour que la loi de Fechner ait un sens, que la sensation et l'excitation y soient remplacées par des nombres. Il serait utile de dire comment l'on parvient à ces nombres, de quelle mesure ils sont l'expression, au moyen de quelle unité on les obtient. C'est de cette manière que l'on procède en physique ; c'est avec un

[1] Les deux lettres de M. J. Tannery ont paru non signées; leur auteur m'a autorisé à dévoiler son nom.

soin minutieux que l'on définit les unités, que l'on décrit les procédés de mesure, que l'on fixe le sens des nombres.

Rien de pareil ici. On se borne à établir entre deux termes dont aucun n'a de sens précis une relation où figure une fonction transcendante.

L'excitation est quelque chose d'extérieur à nous et, à ce titre, on peut, d'une certaine façon, la mesurer; mais il est essentiel, dans chaque cas particulier, de dire comment on la mesure; c'est, d'ailleurs, ce qu'il a fallu faire pour chacune des expériences que l'on a citées afin d'établir la loi. S'il s'agit, par exemple, de l'excitation causée par la chaleur, définira-t-on cette excitation par la température, ou par la quantité de chaleur, ou autrement? La température n'est pas autre chose que le degré marqué par le thermomètre que l'on a à sa disposition. De quel thermomètre se servira-t on? Je ne parle point des petites différences que peuvent présenter deux instruments analogues. Mais à quelle graduation s'arrêtera-t-on, comment définira-t-on le zéro? Dans ses expériences, Fechner a pris pour zéro la température de la peau, il aurait pu prendre la température du sang. La quantité de chaleur est une fonction complexe de la température, et la loi trouvée devrait être tout autre si l'on considérait, comme mesure de l'excitation, la quantité de chaleur, toute autre encore, si l'on s'arrêtait à une fonction arbitrairement définie de la température. En vérité, quel rapport si simple, si naturel, y a-t-il entre cette cause inconnue que nous appelons la chaleur et l'allongement d'une colonne mercurielle, que nous soyons obligés de prendre l'un comme la mesure de l'autre? Ce n'est qu'une raison fortuite, notre propre commodité, qui nous pousse à le faire.

On pourrait répéter les mêmes observations à propos du poids, de la lumière, du son. Mais ce qui précède doit suffire pour montrer que le second terme de la loi de Fechner ne peut avoir de sens que si, dans chaque cas particulier, on le définit d'une façon précise, que l'*excitation* est un mot vague, sans valeur scientifique,

si l'on ne définit pas, à chaque fois, la fonction absolument arbitraire qui doit servir à la mesurer.

Que dire, Monsieur, de la sensation? La sensation est un phénomène qui se passe en nous, que nous saisissons en nous, par sa face intérieure, en quelque sorte, et qui est rebelle à toute espèce de mesure. Sans doute, une sensation peut être plus ou moins vive, mais cela suffit-il pour que la sensation soit une quantité? Une qualité, la beauté, par exemple, peut aussi être plus ou moins grande. Les seules *grandeurs* que l'on puisse mesurer directement sont celles dont on peut définir l'égalité et l'addition, et de pareilles grandeurs ne semblent se rencontrer que dans le domaine de l'abstraction, des mathématiques pures. Dans la réalité nous ne mesurons pas les choses elles-mêmes, nous ne les observons pas, nous ne savons rien sur elles, nous ne mesurons que des longueurs dont les variations ont, avec les variations des choses, une connexité complexe et inconnue. Quelle longueur, puisque toute mesure, comme le dit M. Ribot, se ramène à la mesure d'une longueur, servira-t-elle à la mesure de la sensation? Quel phénomène permettra-t-il d'établir la transition entre ces deux termes si éloignés : une longueur, une sensation? Sans doute, il n'est peut-être pas absolument impossible d'en trouver, si l'on veut regarder la sensation par son côté extérieur, physiologique. Si chaque sensation correspondait à un mouvement de quelqu'un de nos membres, l'amplitude de ce mouvement, ou telle fonction que l'on voudra de cette amplitude pourrait être prise comme mesure de la sensation. Si la physiologie, réalisant des progrès qu'il est permis aux philosophes de rêver, parvenait à découvrir une fonction, qu'il fût possible d'évaluer, des mouvements très petits qui se produisent dans les nerfs sous le coup d'une excitation extérieure, cette fonction, ou une fonction de cette fonction, pourrait encore servir à mesurer la sensation. On voit ainsi tout ce qu'il y a d'arbitraire en théorie dans le sens qu'il faudrait attacher au premier terme de la loi de Fechner; mais, pratiquement, dans

l'état actuel de la science, je crois que ce sens ne doit être cherché nulle part.

J'arrive, Monsieur, à la démonstration de la loi, et je la rappelle dans ce qu'elle a d'essentiel.

Un certain nombre d'expériences montre qu'en définissant convenablement l'excitation on n'apprécie de différence entre deux sensations consécutives que si l'excitation varie au moins d'une quantité dont le rapport avec l'excitation primitive est déterminé. S'il s'agit, par exemple, de la sensation que produit la pression d'un poids sur la peau, « une augmentation ou une diminution de pression ne sera sentie que si le poids ajouté ou retranché est dans le rapport de $^1/_3$ au poids primitif. » Il y a là un fait dont je ne méconnais pas l'importance. Si l'on avait formulé la loi dans ces termes, il y aurait eu peu à dire. Il est vrai qu'on n'aurait pas causé tant d'étonnement aux gens qui croient savoir ce qu'est un logarithme et que l'on aurait pu être compris de ceux qui ne le savent pas.

Toutefois, Monsieur, même en réduisant la loi de Fechner à cet énoncé plus modeste, quelque chose m'inquiète encore. Je crois avoir expliqué combien était arbitraire la façon dont on mesurait les phénomènes. Comment se fait-il que, dans tous les cas, on trouve un rapport constant entre la différence de l'excitation et l'excitation primitive? Il y a là un bonheur surprenant. Si l'on modifiait le procédé de mesure, si, en d'autres termes, on changeait la variable, il faudrait pourtant changer la loi. Eh bien! Monsieur, je ne serais pas étonné que les expériences conduisissent aux mêmes conclusions, et je crains un peu que la proportionnalité observée ne soit tout à fait grossière et du même ordre que celle qui existe toujours entre les petits accroissements de deux fonctions continues d'une même variable qui varient dans le même sens. Tout reviendrait alors à dire que la quantité dont il faut augmenter ou le poids ou la température pour que le sujet s'en aperçoive dépend de ce poids ou de cette température, et je suis vraiment persuadé qu'il en est ainsi.

Mais, Monsieur, n'allons pas si loin, admettons toutes les expériences et croyons à leur exactitude. Ce qui dépasse les bornes de mon entendement, c'est la mise en équation et la façon dont on obtient la loi des logarithmes.

Représentons par r l'excitation, par dr l'accroissement infiniment petit de l'excitation, par dc l'accroissement correspondant de la sensation; les résultats précédents autorisent, dit-on, à poser l'équation différentielle

$$dc = k\frac{dr}{r},$$

k étant une constante numérique : d'où l'on déduit un intégrant

$$c = k \log \frac{r}{q},$$

q étant la constante introduite par l'intégration, constante qui représenterait, au point de vue physiologique, la limite inférieure de l'excitation, car si r était plus petit que q, le second nombre de l'égalité deviendrait négatif. Sous les restrictions que j'ai faites plus haut, je comprends à peu près le second membre de l'équation différentielle, mais le premier, monsieur! Qu'est-ce donc que la différentielle dc de la sensation? Quand on ne sait pas du tout ce que signifie la différence de deux sensations, comment peut-on bien parler de la différentielle d'une sensation? A force de rendre les choses petites, finirait-on par les rendre claires? Quel rapport y a-t-il entre une différentielle et ce fait que, en variant l'excitation, on saisit un moment où la sensation change. Il n'y a là ni quantité, ni continuité. Cette façon d'apprécier les différentielles me parait extraordinaire. Enfin que signifie l'intégration, la sommation des différentielles de sensation quand on ne sait pas ce qu'est la somme de deux sensations, non plus que leur différence?

Au fond, il n'y aurait, je crois, qu'un moyen d'en-

tendre la loi de Fechner : ayant défini l'excitation r d'une façon précise, on définira la sensation c par la formule

$$c = k \log \frac{r}{q}.$$

Toutes les définitions sont permises ; mais vraiment, dans ces matières aussi obscures et aussi peu étudiées, l'introduction des mathématiques transcendantes me semble un peu hâtive. Défions-nous, Monsieur, des expressions pompeuses et du mélange des sensations, des logarithmes et des excitations : je vous avoue que j'ai ce logarithme sur le cœur.

Un géomètre éminent, mort il y a quelques années, a eu le bonheur, dans son existence, de trouver cette phrase : l'espace indéfini est enveloppé par un plan. D'autres géomètres, qui vivent encore et qui se plaisent aux singularités de style, mêlent, dans des formules étonnantes, les infinis et les imaginaires. Ceux qui entendent un peu les mathématiques savent qu'il n'y a au fond de tout cela que des propriétés algébriques très simples et très précises ; mais les commençants sont émerveillés. J'en suis là, Monsieur, pour la psychologie mathématique. Les géomètres français, qui devraient aimer la clarté comme Français et la rigueur comme géomètres, ont donné un exemple déplorable. Le P. Gratry démontrait ainsi la création du monde *ex nihilo* en multipliant l'infini (c'est-à-dire Dieu) par O (ou le néant), ce qui lui donnait une quantité indéterminée représentant à ses yeux le monde ondoyant et divers. Dans un autre endroit, le même P. Gratry, toujours trop plein de ses souvenirs polytechniciens, comparait l'âme des nouveaux convertis à une ellipse qui, s'épanouissant comme une fleur, s'ouvrant comme un calice, envoie l'un de ses foyers à l'infini et devient une parabole. Pensez-vous que cela ait beaucoup servi pour opérer des conversions nouvelles ou trouver l'explication des anciennes ?

Croyez, Monsieur, je vous en prie, à tout mon respect et à tout mon dévouement.

***

Réponse de M. Ribot.

A MONSIEUR ÉMILE ALGLAVE.

Mon cher directeur,

J'ai bien peu qualité pour défendre une loi acceptée par des hommes tels que Weber, Fechner, Helmholtz, Wundt, Hermann, Budge, etc., qu'on ne peut guère accuser d'ignorance. De plus, la partie mathématique échappant à ma compétence, je dois donc renvoyer l'auteur de la lettre aux calculs originaux de Fechner et de Delbœuf, qui répondraient à beaucoup de difficultés.

Dans le sujet qui nous occupe, il y a deux points bien distincts : une question de fait — la détermination de la constance proportionnelle — et une formule mathématique qui s'appuie sur une hypothèse.

Sur le premier point, je n'ai pu donner qu'un résumé très-sommaire des expériences contenues dans les ouvrages originaux.

Sur le deuxième point, pour formuler la loi psychophysique, il a fallu mesurer l'excitation et la sensation. En ce qui concerne l'excitation, la mesure, quoique souvent difficile, est possible, comme on l'a vu. Mais comment mesurer la sensation, fait tout subjectif qui, par sa nature même, paraît irréductible à la mesure? Nous ne pouvons pas, à l'aide de la conscience seule, constater d'une manière précise qu'une sensation est le double, le triple, le quadruple d'une autre. Évidemment, le correspondant de la *Revue* a touché là le point difficile de la théorie de Fechner. Il reconnaît cependant lui-même que cette mesure de la sensation n'est pas impossible dans certains cas; par exemple qu'elle peut s'obtenir à l'aide de la contraction musculaire. En fait la difficulté a été tournée : on mesure, non la sensation elle-même, mais des différences de sensation. On produit une série de sensations consécutives, uniformément

croissantes, s^0, s^1, s^2, s^3, etc. On prend pour accordé que chaque terme de la série représente 1 unité de sensation, ajoutée au premier terme de la série et que par conséquent la série croît suivant des grandeurs absolues égales. En d'autres termes — et c'est là l'hypothèse — ou admet que le rapport $\frac{de}{e}$ est une constante. D'un autre côté, comme en fait, on peut mesurer les excitations croissantes qui répondent à s^0, s^1, s^2, s^3, etc., et que l'on constate qu'elles croissent suivant des grandeurs relatives égales, on se trouve ainsi avoir deux séries dont le rapport est celui d'un logarithme à son nombre.

Le critique, qu'on croirait un mathématicien distingué, exige, dans ses recherches, une rigueur que le caractère fort complexe des faits étudiés ne permet pas, actuellement du moins. Je ne suis pas éloigné de penser que, dans quelques centaines d'années, le calcul différentiel pourra être appliqué au mécanisme physiologique; mais pour le moment c'est bien assez déjà d'aspirer à un essai, et il faut commencer par là, pouvant aller plus loin ensuite.

En finissant, votre correspondant me rend la réponse trop facile. Je m'étonne qu'il ne semble pas comprendre la distinction qui existe entre des problèmes de métaphysique, comme ceux qu'il cite, et les questions de physiologie psychique, comme celles qui nous occupent. Les premiers sont par nature insolubles et l'on peut en dire tout ce qu'on veut. Les secondes sont des questions de fait. La sensation est-elle mesurable? Fechner et Helmholtz disent oui. Votre correspondant dit non. L'expérience et le calcul peuvent seuls prononcer en dernier ressort; mais la question n'est pas hors de leur domaine; cela se voit avec un peu de réflexion.

Votre bien dévoué,

TH. RIBOT.

Réponse de M. Delbœuf.

A MONSIEUR ÉMILE ALGLAVE.

Liège, le 22 mars 1875.

MONSIEUR,

J'ai lu dans la *Revue* que vous dirigez les articles de M. le professeur Ribot sur la psychophysique, et j'y ai pris le plus vif intérêt. Dans le numéro du 13 mars dernier a paru une lettre *à propos du logarithme des sensations*, où l'on fait une critique spirituelle de la nouvelle science. M. Ribot, dans sa réponse, a décliné sa compétence en mathématiques; il n'en touche pas moins juste quand il dit qu'essayer de mesurer les sensations semble à première vue une entreprise téméraire, mais qu'on a tourné la difficulté.

Permettez-moi, Monsieur, d'emprunter vos colonnes pour répondre à la lettre savante et un peu ironique de votre correspondant.

Je vous avoue que je ne laisse pas d'être effrayé de la tâche que j'assume en ce moment. Votre collaborateur dit, entre autres choses, qu'il croit savoir ce que c'est qu'un logarithme, et il insinue que Weber, Fechner, Helmholtz, qui est cependant un bon analyste, et, en général, tous ceux qui se sont occupés de ces matières, pourraient fort bien avoir besoin de l'apprendre. Je crains très sérieusement que la théorie des logarithmes ne contienne des mystères que je n'ai pas jusqu'à présent soupçonnés; et d'un autre côté, je redouterais, en faisant de la philosophie mathématique, de me voir ranger dans la classe des géomètres à la façon du P. Gratry. Ma perplexité a une autre cause encore. L'auteur de la lettre est certainement très capable de discuter la question de la mesure des sensations, et de trouver le côté faible des lois énoncées et des formules qui les représentent; malheureusement il me semble ne connaître le sujet que par l'exposé très bien fait, mais

succinct, qu'en a donné M. Ribot, et, par conséquent, il n'est pas au courant de ce que M. Ribot n'a pas pu dire. Or, est-il possible d'expliquer en quelques lignes, de manière à satisfaire un critique aussi subtil, des difficultés très-sérieuses, et qui n'ont, certes, pas échappé, quoi qu'il en pense, à ceux qui ont traité ces problèmes? Je l'étonnerai peut-être en le lui disant. J'ai moi-même présenté un grand nombre d'objections contre la loi de Weber dans mon *Étude psychophysique sur la mesure des sensations*. Je me suis même permis à cette occasion — *horresco referens* — de reprendre *ab ovo* la théorie des logarithmes pour éviter que « le mélange des sensations, des logarithmes et des excitations » ne soit indigeste. Je m'aperçois que ma précaution n'était pas inutile, bien qu'elle n'ait pas servi à tirer de peine celui à qui « dans des matières aussi obscures et *aussi peu étudiées* (par qui?), l'introduction des mathématiques transcendantes semble un peu hâtive. »

C'est ce premier point que je commencerai par traiter brièvement.

Je pense, quant à moi, et j'affirme que tant qu'un phénomène, quel qu'il soit, physique ou moral, n'a pas été traduit en nombres, il laisse dans l'esprit toujours quelque chose de mystérieux. Sans entreprendre ici la défense de cette proposition générale, qui pourrait effaroucher les lecteurs, je me bornerai à un seul exemple particulier où certes le sensible se mêle au physique.

Qu'est-ce donc que la musique si ce n'est l'art de combiner les sons d'une manière *agréable*, et qu'est-ce que l'acoustique sinon en partie la science des conditions *mathématiques* auxquelles les sons doivent satisfaire pour pouvoir se combiner entre eux? De plus, qu'est-ce que le ton, le plus ou moins de hauteur d'un son, sinon la qualité du son pour notre oreille, la qualité de la *sensation*? Et en physique ne démontre-t-on pas que la tonalité dépend du *nombre* des vibrations qu'exécute le corps sonore dans l'unité de temps? Chose assez remarquable, quand le ton monte pour notre oreille de degré en degré, c'est-à-dire croît suivant une pro-

gression arithmétique, le nombre des vibrations croît suivant une progression géométrique; en d'autres termes, pour que le son passe d'une octave à une octave plus élevée, il faut doubler le nombre des vibrations dans l'unité de temps; de sorte que l'on peut écrire que la *hauteur* du son est proportionnelle au *logarithme* du nombre des vibrations. Le son a encore une autre qualité *sensible* : une note donnée par la flûte nous fait un autre effet que la même note donnée par le violon. On peut rechercher à quoi tient cette action spéciale produite sur notre sensibilité par les divers instruments et qu'on appelle le *timbre*. Helmholtz a entrepris ce travail, et il a trouvé que le timbre était dû au mélange de la note fondamentale avec des notes consonnantes, mais d'intensité moindre. Si l'on représente par A la note principale, et par B, C, D, les notes accessoires, le timbre est donné par une formule telle que : $aA + bC + cC + dD + \ldots$, où a, b, c, d... représente des coefficients *d'intensité*. Le son a enfin une troisième qualité *sensible*, à savoir son *intensité*, non pas réelle, mais perçue, son plus ou moins d'éclat. Y a-t-il quelque chose de si étrange à se demander à quoi tient qu'un son paraisse plus éclatant qu'un autre? on s'est bien demandé à quoi tiennent sa hauteur et son timbre. On a trouvé que cet effet ne dépendait pas directement de l'intensité réelle, mais du *logarithme* de cette intensité. Qu'y a-t-il là en soi d'inadmissible? Est-ce que l'éclat du son pour l'oreille ne peut pas être proportionnel au logarithme de l'amplitude des vibrations, de même que sa tonalité est évidemment et incontestablement proportionnelle au logarithme de leur nombre? Notons bien que je ne soutiens ici nullement que la loi est exacte, mais seulement qu'elle n'a rien d'absurde.

Or, si cela est vrai, qui m'empêcherait de chercher à appliquer le nombre, par exemple, à la sensation que me procure une bonne salade? Voilà certes une chose qui n'a pas été tentée. Et pourtant le goût d'un mets se compose d'un certain mélange d'acide, de salé, de doux et d'amer. Celui de la salade peut, comme tantôt le

timbre, se représenter par la formule $aA+bB+cC+dD$, où a, b, c, d expriment l'*intensité des sensations* d'acide, de salé, etc., qui y entrent. Et serait-ce se poser un problème uniquement propre « à émerveiller les commençants » de se demander à *quelle quantité de sel* correspond la quantité a de *sensation de salé*, et ainsi de suite? Et, pour conclure, croit-on que le goût puisse jamais s'analyser autrement que de cette façon, c'est-à-dire qu'en le décomposant en ses éléments, et en les évaluant d'après une mesure?

J'aborde maintenant la loi logarithmique qui relie la sensation et l'excitation.

L'auteur de la lettre dit ceci : « Comme on ne peut prendre le logarithme que d'un nombre et que le logarithme d'un nombre est un nombre, il faut, pour que la loi de Fechner ait un sens, que la sensation et l'excitation y soient remplacées par des nombres... Rien de pareil ici. On se borne à établir entre deux termes, dont aucun n'a de sens précis, une relation où figure une fonction transcendante. » Puis il montre que ni l'excitation ni la sensation ne sont des nombres, parce qu'elles n'ont pas été rapportées à leurs unités de mesure. Cette observation contient du vrai ; mais l'auteur aurait tort de penser qu'elle n'a pas été faite. Qu'on me permette de me citer moi-même (*Étude*, etc., p. 5) : « Un homme gravit une montagne. Dans son ascension il effectue un certain travail qui s'évalue par le poids de son corps et la hauteur à laquelle il s'est élevé. Pour chaque mètre franchi, il y a une même quantité de force dépensée. L'épuisement du corps est ici le phénomène objectif, tout à fait assimilable à la dépense du combustible dans une locomotive. Mais à ce phénomène corporel correspond un phénomène subjectif, incommunicable, intraduisible par la parole, c'est la fatigue. La fatigue, elle aussi, croît avec la hauteur à laquelle on parvient, mais elle croît beaucoup plus vite que la dépense de force. Le millième mètre ne demande pas plus de travail que le premier, et cependant il produit plus de fatigue. D'après quelle loi croît-elle? Il y a, sans

doute, une étroite relation entre l'épuisement du corps et la fatigue; mais quelle est cette relation? Pour la trouver, il n'y a qu'un seul moyen : c'est d'inscrire en face de l'échelle des hauteurs l'intensité respective de la fatigue aux différents points de la montagne. Pour cela il faudrait *mesurer la fatigue*, *pouvoir la rapporter à une unité de fatigue et l'exprimer en nombres*: fatigue = 1, fatigue = 2, fatigue = 3, etc. Or, c'est là une très grande difficulté. Et pourtant il faut la surmonter si l'on veut jeter du jour sur la question et rechercher la cause de la fatigue. » Plus loin, faisant remarquer que l'intensité de sensation ne croît pas proportionnellement à l'intensité de la cause extérieure qui la provoque, j'ajoute (p. 6) : « Ici encore, il serait nécessaire, pour trouver la loi d'accroissement du phénomène psychique de la sensation, *de lui appliquer une mesure et de le traduire en nombres.* » Enfin, au moment d'exposer les méthodes qui permettent de mesurer les sensations, je dis ceci (p. 7) : « A proprement parler, ces méthodes conduisent seulement à une loi formulant les rapports de l'excitation et de la sensation, et par suite elles ne pourraient fournir que la mesure *relative* des sensations. Mais comme les inventeurs de la loi prennent pour unité de sensation la sensation différentielle, c'est-à-dire la plus petite sensation perceptible, on peut dire de cette loi, et, par conséquent, de ces méthodes, qu'elles conduisent à la mesure des sensations. »

Le correspondant craint un peu que la proportionnalité et l'excitation et son accroissement « ne soit tout à fait grossière »; c'est aller un peu loin, mais il a été devancé dans ce que cette crainte a de légitime par Helmholtz lui-même, que je cite (p. 21), et qui, après avoir montré que certains faits échappent à la loi, ajoute : » Ce qui n'empêche pas que cette loi ne soit un premier acheminement vers la vérité. »

Passons maintenant à ce que l'auteur de la lettre dit de la mesure. Il reconnait que l'excitation peut se mesurer, mais qu'il est essentiel de dire comment on la mesure ; que, s'il s'agit, par exemple, de la chaleur, il

faut savoir où l'on place le zéro; que Fechner a pris pour zéro la température de la peau; qu'il aurait pu prendre la température du sang, et que, dans ce cas, la loi aurait été tout autre, et il conclut « que le second terme de la loi de Fechner, l'excitation, est un mot vague, sans valeur scientifique », parce qu'on n'a pas défini sa mesure.

Ici nous sommes à côté de la question. Il est clair que si l'on déplace le zéro on a des nombres tout à fait différents, dont les logarithmes ne peuvent en aucune façon se substituer à ceux des premiers. Les logarithmes des nombres 11, 12, 13 ne peuvent se substituer à ceux des nombres 1, 2, 3, parce que leurs rapports ne sont pas les mêmes. Mais le zéro n'est pas arbitraire, et c'est en quoi le correspondant se trompe. D'où provient l'excitation de chaleur, en d'autres termes, quand disons-nous d'un corps qu'il est chaud ? Quand sa température est supérieure à celle de la peau en ce moment. Nous disons qu'il est froid dans le cas contraire. Nos sens sont des instruments différentiels, c'est-à-dire servant à constater des différences, pas autre chose. Or, quand cette *différence* est de 2, 3.... 10 degrés, la *sensation* est-elle deux fois, trois fois..... dix fois plus grande que lorsqu'elle est de 1 degré. Voilà comment se pose le problème. L'excitation est donc mesurée exactement et comme elle doit l'être, par la différence actuelle entre la température de la peau et celle du corps extérieur.

Reste la sensation. Le critique s'exprime ainsi : « La sensation est un phénomène qui se passe en nous..... et qui est rebelle à toute espèce de mesure. Sans doute, une sensation peut être plus ou moins vive, mais cela suffit-il pour que la sensation soit une quantité? Une qualité, la beauté, par exemple, peut aussi être plus ou moins grande. Les seules *grandeurs* que l'on puisse mesurer directement sont celles dont on peut définir l'égalité et l'addition, et de pareilles grandeurs ne semblent (?) se rencontrer que dans le domaine de l'abstraction, des mathématiques pures. » Et il conclut en disant que le premier terme de la formule de Weber n'a

pas de sens. Je dois dire qu'ici je ne le comprends plus du tout, et je ne saurais vraiment lui répondre. Car du moment qu'une chose peut être plus ou moins grande, fût-ce la beauté, fût-ce le plaisir que me cause la vue d'un beau tableau ou l'audition d'un opéra, fût-ce même le plus ou moins d'obscurité que présente à la pensée un raisonnement métaphysique, on peut dire de cette chose qu'elle a une grandeur, qu'elle a sa mesure, et elle est mesurable théoriquement. Peut-elle être mesurée en fait? Personne n'en sait rien. Il y a vingt-cinq ans, on eût traité de visionnaire celui qui eût parlé de faire l'analyse chimique du soleil et des étoiles. Dans les colléges, n'essaie-t-on pas d'évaluer le mérite et l'intelligence des élèves d'après la valeur des compositions? Quant à la difficulté de cette mesuration, tout le monde la voit. Résumant les travaux antérieurs, je dis (p. 4) : « Entre l'expérimentateur et le sujet sur lequel il voudrait expérimenter, il existe une autre barrière presque aussi considérable au point de vue quantitatif. En effet, les phénomènes internes, sensation, douleur, fatigue, bien-être, peuvent avoir des intensités bien différentes; mais le sens intime ne parvient jamais à comparer ces intensités que d'une façon grossière, et son appréciation ne va pas au-delà de la supériorité ou de l'infériorité. — Ma douleur est forte, assez forte, légère, grande, moins grande, aussi grande que celle de la veille, — voilà comment s'expriment tous les malades; ils ne peuvent faire usage d'aucun autre terme de mesure. »

Le critique fait cependant une concession : « Sans doute, il ne peut être pas absolument impossible de trouver une mesure si l'on veut regarder la sensation par son côté extérieur (?), physiologique. Si chaque sensation correspondait à un mouvement de quelqu'un de nos membres, l'amplitude de ce mouvement ou telle fonction que l'on voudra de cette amplitude pourrait être prise comme mesure de la sensation. » Mais c'est là un rêve, ajoute-t-il, et en attendant, la méthode de Fechner est arbitraire. Ici le correspondant verse tout à fait dans l'erreur. La sensation n'a pas de côté extérieur;

elle ne serait nullement mesurée par l'amplitude d'un mouvement physiologique. Lui qui connaît si bien les unités doit savoir que la sensation ne peut être mesurée que par une sensation, quitte à substituer une échelle à une autre quand la concordance des deux échelles est bien établie (exemple : le baromètre et la pression atmosphérique), ce qui ne peut avoir lieu que quand les deux échelles mesurent l'une l'effet, l'autre la cause (exemple : la chaleur et la dilatation de la colonne thermométrique). Je citais plus haut l'exemple de la fatigue qu'on éprouve à gravir une montagne ; croit-on qu'on la mesurerait par la dépense de force ou par l'altération chimique de la substance musculaire ? Bien mieux, c'est la mesure de la sensation qui peut seule probablement permettre d'évaluer l'effet utile de l'excitation au point de vue de la sensation. C'est ainsi que des savants d'Édimbourg, Dewar et Mckendrick, ont, par des expériences délicates faites sur l'œil en vue de vérifier physiologiquement la loi de Weber, établi que la sensation est proportionnelle à l'intensité du courant nerveux transmis au cerveau, car celui-ci est proportionnel au logarithme de l'excitation. (Voyez le journal *Nature* du 10 juillet 1873.)

Si donc nous voulons arriver à une loi et de là remonter à la cause, il nous faut mesurer la sensation, c'est-à-dire la rapporter à une unité de sensation. L'entreprise peut être difficile, mais est-elle insensée ? L'illustre physicien Plateau qui, à coup sûr, se défie « des expressions pompeuses », avait autrefois songé à mesurer les sensations de lumière, et il avait dans ce but imaginé un moyen ingénieux que j'ai employé à mon tour.

Supposons que l'on construise une échelle de teintes différentes allant du sombre au clair, et choisies de façon que les contrastes *sensibles* entre deux teintes voisines soient tous égaux, en plaçant le zéro à une teinte quelconque, les chiffres positifs d'un côté, les chiffres négatifs de l'autre, j'aurais certainement une échelle qui mesurerait la sensation de lumière ou d'obs-

curité à la façon dont un thermomètre plus ou moins exact mesure la chaleur. Sans doute cette échelle serait défectueuse en ce sens que la mesure ne partirait pas du zéro absolu ; mais ce défaut lui serait commun avec nos thermomètres. Il vaudrait mieux, sans contredit, avoir une échelle comme le baromètre qui mesure la pression de manière que le zéro de l'échelle corresponde au zéro de pression. Ce désideratum j'ai essayé de l'obtenir. Il suffit en effet pour cela de faire commencer les teintes sombres à une lumière extérieure égale à 0, c'est-à-dire à l'obscurité complète, et de prendre pour unité de mesure le contraste entre deux teintes quelconques, voisines ou éloignées. Si maintenant on me demande où se place la sensation 0, elle se place à ce moment où l'organe n'est soumis qu'à sa propre excitation physiologique normale. Nous ne sentons pas en effet cette excitation naturelle, pas plus que nous ne sentons notre chaleur, le poids de nos membres, la pression des liquides intérieurs, les bruits internes de l'oreille; et d'un autre côté elle est nécessaire, car sans elle l'organe serait mort. On voit donc par là que des sensations de même nature peuvent s'ajouter l'une à l'autre de la façon la plus naturelle du monde. Un surcroît de bougies amène un surcroît de sensation qui vient s'ajouter à la sensation antérieure. Seulement il est à noter que la sensation de lumière croît non proportionnellement au nombre des bougies, mais plus lentement, et que c'est la loi même de cet accroissement qu'il faut découvrir.

Voici maintenant comment je mets le problème en équation : il est vrai qu'il y entre des différentielles de sensations ; mais qu'y faire? Je ne suis pas bien convaincu par les raisons que le correspondant fait valoir contre leur emploi.

Soit D l'excitation (une différence, par conséquent), C l'excitation physiologique interne, à laquelle vient s'ajouter l'excitation externe, S la sensation correspondant à la différence D, il n'y a rien que de très-rationnel à admettre (en attendant que l'expérience vienne vérifier l'hypothèse) que la sensation est d'autant plus

grande que D est plus grand et que C+D est plus petit. Ainsi la voix d'un choriste fera sur moi un effet d'autant plus fort que cette voix est plus puissante et que moindre est le nombre des choristes qui chantent en même temps que lui. On peut donc poser (hypothétiquement) que l'accroissement de sensation dS est proportionnel à l'accroissement d'excitation dD et inversement proportionnel à la somme $C+D$. De là :

$$dS = K \frac{dD}{C+D}.$$

En intégrant, il vient :

$$S = K \log (C+D) + q.$$

Déterminons la constante q introduite par l'intégration. Supposons que, pour $D=0$, on ait $S=0$, auquel cas S représente l'état non senti résultant des actions physiologiques normales, on a :

$$q = K \log \frac{1}{C}.$$

De sorte que la formule définitive de la sensation est :

$$S = K \log \frac{C+D}{C}.$$

Pour déterminer la constante K il suffit de poser, par exemple, que pour $D=1$, on a $S=1$, auquel cas on trouve :

$$K = \frac{1}{\log \frac{C+1}{C}}.$$

La formule de la sensation peut prendre une forme plus simple, si l'on choisit pour unité d'excitation la quantité qui rend $K=1$, à savoir l'excitation $C(e-1)$, e étant la base des logarithmes népériens ; alors on a définitivement :

$$S = \log \frac{C+D}{C}.$$

Je ne sais si cette manière de poser le problème « dépassera encore les bornes de l'entendement » du

correspondant, mais je ne crois pourtant pas avoir commis d'hérésie mathématique. Il est juste de dire que dans Fechner le problème n'est pas tout à fait mis en équation de cette façon, mais sa manière, bien qu'elle laisse à désirer, ne contient, cependant, pas tant d'énormités, et il a suffi d'une légère correction pour la mettre à l'abri de tout reproche.

Voilà, Monsieur, une lettre trop longue peut-être; et pourtant je n'ai pas résolu toutes les questions que se pose votre collaborateur. Il faudrait pour cela exposer à nouveau toute la matière. D'un autre côté, le sujet est difficile, et il faut se garder des fausses analogies. J'ai moi-même fait à la loi de Weber sur la sensation des objections capitales, et que j'ai lieu de croire fondées; j'y ai introduit une correction fondamentale et je lui ai adjoint une autre loi, celle de l'épuisement qui la suit pas à pas. Cette loi, l'expérience n'a pu la vérifier que d'une manière très-incomplète. Mais, ajoutais-je (p. 26), les considérations théoriques sur lesquelles elle est fondée n'en subsisteront pas moins, et toute nouvelle formule destinée à la remplacer devra en tenir compte.»

Depuis la publication de mon *Étude psychophysique*, j'ai repris ce sujet, et dans un mémoire presque achevé, je soumets mon propre travail à la critique, et j'y trouve bien des points sujets à caution, obscurs ou erronés. A la formule corrigée que j'ai rappelée plus haut, j'en substitue une nouvelle qui fait disparaître ces inexactitudes, ces obscurités, ces erreurs. Cette formule sera-t-elle définitive? Je n'oserais me flatter d'un pareil résultat. Ce que j'en dis maintenant, c'est uniquement pour montrer que ces sortes de problèmes sont très-épineux, et qu'il faut dans leur étude procéder avec circonspection. On n'est jamais trop subtil ni à la fois trop prudent. Aussi je verrais avec plaisir des mathématiciens froids et peu aventureux, comme me semble l'être votre correspondant, les étudier sérieusement. S'ils daignaient se convertir à la psychologie mathématique et expérimentale, je ne les comparerais pas « à des ellipses qui s'épanouissent en paraboles »,

et j'aurais l'espoir de voir cette science marcher d'un pas lent, mais sûr, dans la voie de la vérité.

Veuillez agréer, etc.

DELBŒUF,
professeur à l'Université de Liège.

Réponse de M. Wundt.

A MONSIEUR ÉMILE ALGLAVE.

Unterstrass, près Zurich, 6 avril 1875.

MONSIEUR,

En vous adressant mes meilleurs remercîments pour l'envoi du n° 37 de la *Revue scientifique* renfermant une critique de la loi psychophysique, je me conformerai volontiers à votre invitation de répondre à cette critique par quelques remarques. Vous me permettez de resteindre ma réponse à la question principale : Les sensations et les autres états psychiques peuvent-ils être considérés comme des grandeurs *(Grössen)* et mesurés comme tels? Je laisserai au contraire entièrement de côté la question plus spéciale de savoir si la loi admise par Fechner est la véritable ou non. En fait, cette dernière question me paraît de moindre importance. Si l'on a une fois accordé que les sensations sont des grandeurs mesurables, il doit être reconnu par là même qu'une comparaison peut être établie entre ces grandeurs et les grandeurs physiologiques de l'excitation. Mais que le rapport entre ces grandeurs puisse être mieux exprimé par une autre fonction que par un logarithme, c'est une question en tout cas subordonnée à celle de savoir si une telle comparaison est possible; or c'est celle-ci que votre correspondant rejette en premier lieu, lorsqu'il prétend que la notion de quantité n'est jamais applicable aux sensations. Je ne puis m'empêcher de regretter, en cette occasion, que votre correspondant traite la loi psychophysique comme une pure hypothèse et ignore complètement les expériences qui ont pour objet de mesurer les

grandeurs de sensation. Il néglige du moins de nous faire voir en quoi consiste l'erreur fondamentale qui a conduit les expérimentateurs à trouver pour valeurs sensationnelles des séries de nombres ne reposant pas, comme les fantaisies du père Gratry, sur des « souvenirs polytechniciens », mais sur de véritables mesurages dont la méthode est, dans les *Éléments* de Fechner et dans d'autres ouvrages sur la psychophysique, exposée de manière à répondre complètement à la question proposée par le critique anonyme : comment est-on parvenu à ces nombres et par quelle unité sont-ils exprimés? Si d'ailleurs votre correspondant veut consulter un mathématicien français qui ait développé d'une façon tout à fait claire la pensée d'une mesure psychophysique, ce n'est pas au père Gratry qu'il doit demander des informations ; il ne doit pas s'adresser à moins qu'à Laplace, qui, dans sa *Théorie analytique des probabilités*, a donné sur le rapport de la fortune morale avec la fortune physique une formule tout à fait analogue à la loi psychophysique ; il l'a fait, il est vrai, sans les fondements d'une mesure rigoureuse que personne ne peut exiger pour un phénomène aussi compliqué que la fortune morale.

Le correspondant prétend aussi qu'une qualité, comme par exemple la beauté, peut être plus grande ou plus petite, mais qu'elle n'est pas pour cela une quantité. Nous pensions jusqu'à présent que ce qui pouvait être plus grand ou plus petit portait précisément pour cela le caractère de quantité, soit que cette quantité fût mesurable ou ne le fût pas. En fait, cette opinion qu'une chose est capable d'être plus grande ou moindre, sans être pour cela une grandeur, est à peu près digne de prendre place au nombre des sentences du père Gratry.

Si, toutefois, nous nous renfermons dans la question de la mesure des sensations, nous pouvons évidemment la décomposer en deux : 1° La sensation a-t-elle le caractère d'une grandeur? 2° S'il en est ainsi, est-il possible d'obtenir une unité de mesure, par laquelle cette grandeur puisse être véritablement mesurée?

I. — *La sensation a en elle le caractère d'une grandeur*, car une sensation peut, comme chacun l'aperçoit dans sa conscience, être plus grande ou moindre qu'une autre. Nous distinguons continuellement des sensations de lumière fortes et faibles, des sensations de bruit fortes et faibles, etc. Ce fait appartient à l'aperception immédiate ; il est au-dessus de toute discussion.

II. — *La sensation porte, en outre, avec elle le caractère d'une grandeur mesurable*, car, *a*, nous sommes capables de déterminer avec exactitude si deux sensations qualitativement égales, par exemple deux forces lumineuses, sont ou ne sont pas égales l'une à l'autre ; nous avons, par conséquent, dans notre aperception immédiate une mesure pour l'égalité des sensations ; — *b*, nous avons aussi, dans certains cas déterminés, conscience si une sensation a augmenté ou diminué autant qu'une autre. C'est notamment ce qui arrive dans le cas où cette augmentation ou cette diminution atteint un minimum appréciable de grandeur (*eine eben merkliche Grösse*). Ces changements d'un minimum appréciable dans les sensations sont nécessairement égaux les uns aux autres en grandeur. Si le changement de l'une ou de l'autre des deux sensations comparées était plus grand ou plus petit que celui de l'autre, il serait par cela même plus grand ou moindre que le minimum appréciable, ce qui serait contraire à la supposition.

La sensation a donc complètement le caractère de la grandeur mesurable ; mais nous devons ajouter qu'elle n'est mesurable que dans des conditions déterminées, à savoir dans de très-petits changements de la valeur de la sensation. Je me suis borné ici à présenter comme un cas de ce genre le minimum appréciable. Il suffira de montrer, en outre, qu'au moyen d'une combinaison d'observations, des valeurs sensationnelles qui n'atteignent pas le minimum appréciable, peuvent être également mesurées. C'est à quoi peuvent servir les procédés donnés en psychophysique comme méthode des erreurs moyennes et comme méthode des cas vrais ou faux.

Il semble que le correspondant réclame comme une condition nécessaire de la mesure des sensations, que l'on mesure la sensation avec l'excitation. Il donne à entendre, d'autre part, qu'un procédé consistant à mesurer les mouvements de nos membres qui correspondraient à des excitations de sensations, pourrait servir à mesurer les sensations.

Il ressort de cette observation que notre critique se fait une idée très imparfaite de la nature de la mesure psychique. En fait, nous supposons que si l'on mettait à exécution de la manière la plus précise ce procédé de mesure que le correspondant propose, cela ne fournirait pas la moindre détermination sur la mesure des sensations. Cet essai de mesurer nos sensations par le rapport de deux grandeurs qui sont toutes deux différentes des sensations, rappelle l'essai du père Gratry d'expliquer le monde fini au moyen de la multiplication de l'infini par O. Il est vrai qu'on pourra, après avoir démontré qu'en général les sensations sont des grandeurs mesurables, soulever la question de savoir si l'on peut établir, sous la forme d'une comparaison, une loi entre ces sensations et les excitations extérieures des sens, puisque ces dernières sont aussi des grandeurs mesurables. La loi des logarithmes est un essai tenté pour établir une comparaison de ce genre. Elle part de cette supposition suggérée par l'expérience, qu'il existe entre les excitations des sens et les sensations un rapport de causalité, et se fonde sur la mesure des changements d'excitation qui produisent des changements constants de la sensation. Mais, comme changements constants de sensation, on pourra prendre, comme il a été remarqué plus haut, soit les changements d'un minimum appréciable, soit les changements qui, dans un grand nombre d'observations, sont saisis par la conscience comme étant de valeur égale.

Agréez l'assurance de ma parfaite considération.

W. WUNDT,
professeur à l'Université de Zurich.

Deuxième lettre de M. J. Tannery.

A MONSIEUR ÉMILE ALGLAVE.

MONSIEUR,

Je vous dois vraiment bien de la reconnaissance pour l'hospitalité que vous avez donnée à ma lettre. Vous m'avez laissé exposer mes scrupules et voici qu'un des hommes qui font le plus autorité dans la *psychophysique* veut bien me venir en aide; je l'en remercie très sincèrement; mais l'éminent professeur à l'Université de Liége s'est bien mépris sur mon compte: il a pris pour des critiques narquoises ce qui n'était que des questions naïves. J'avais, il est vrai, ressenti quelque étonnement à l'égard de ces nouveautés; mais Aristote, Monsieur, ne dit-il pas que l'étonnement est le commencement de la science? J'espère bien que c'est mon cas, que mon étonnement se convertira en admiration et que la foi me viendra. M. Wundt a bien mieux vu à qui il avait affaire; il le prend comme il faut avec « le correspondant de la *Revue* » et le traite comme il convient. On reconnaît le professeur sérieux, qui ne badine pas.

D'ailleurs, mon ignorance à demi avouée et dont on s'est bien aperçu, aurait dû être le garant de mon innocence; j'ai eu le malheur de dire que « ces matières étaient peu étudiées. » — Par qui? demande-t-on. — Ah! Monsieur, je n'y entendais pas malice et la réponse est trop aisée: Dieu me garde de jamais penser que ceux qui contribuent à fonder une science nouvelle n'étudient point les faits dont ils s'occupent, ne réfléchissent pas sur les théories qu'ils inventent et les lois qu'ils formulent! La réprimande est juste et je tâcherai d'en faire mon profit. Mais il ne faut pas trop m'en vouloir. Que deviendrait le monde si un chacun ne parlait que de ce qu'il connaît à fond? On oublierait bien vite sa langue maternelle. Les uns parlent pour exposer ce qu'ils savent, d'autres pour s'instruire, d'autres encore pour ne rien dire. J'aurai été heureux d'être rangé parmi les seconds. J'ai fait des objections qui s'étaient pré-

sentées à l'esprit de M. Delbœuf, d'Helmholtz : elles n'étaient donc point si mauvaises. Lorsqu'on s'aperçoit que la voie que l'on suit a déjà été frayée par des hommes illustres, il faut se réjouir d'avoir choisi un si bon chemin et s'enorgueillir de fouler une noble poussière. Il y a d'autres difficultés encore, je n'en veux pas douter; mais à coup sûr M. Delbœuf, en le disant, donne l'exemple, bon à suivre, de cette sincérité, de cette défiance modeste qui conviennent aux vrais savants.

J'ai encore à m'excuser, Monsieur, d'une faute que je n'avais point voulu commettre. Je ne pensais pas avoir fait preuve d'une grande fatuité en disant que je croyais savoir ce que c'est qu'un logarithme; ce serait, avouez-le, de la fatuité à bon marché; mais jamais je n'ai eu l'idée malséante d'insinuer que Weber, Helmholtz et d'autres pouvaient avoir quelque chose à apprendre là-dessus. Je respecte trop les grands hommes pour me permettre une pareille inconvenance; mais il ne faut pas non plus abuser d'eux. Cela rappelle un peu l'argument de ceux qui prétendent établir la divinité du christianisme en énumérant les noms de tous les gens du génie, comme Charlemagne, Képler, Newton et Napoléon Ier, qui y ont cru. Il est vrai, Monsieur, que le christianisme a encore plus de mystères que le logarithme.

Avouez maintenant, Monsieur, que j'ai du malheur. Sur le point qui me semblait capital, que j'avais le plus cherché à éclaircir, sur la question de savoir quel est le caractère des grandeurs mesurables et si la sensation possède ce caractère, M. Delbœuf déclare qu'il ne me comprend pas, ce qui m'étonne et me prouve que je me suis bien mal exprimé; et M. Wundt estime que ce que j'ai dit n'a point de sens, ce qui ne me fâche point, car l'éminent professeur a bien voulu collaborer avec moi dans l'expression des idées qu'il qualifie ainsi et me prêter des façons de parler que je n'ai jamais employées.

Je n'ai point, Monsieur, l'intention de changer la langue française et d'enlever le nom de *grandeur* à

tout ce qui est susceptible d'augmentation et de diminution, en laissant à ces mots le sens plus ou moins vague qu'on leur donne d'habitude; mais l'usage qui, parmi les *grandeurs*, distingue les *quantités*, c'est-à-dire les grandeurs qui peuvent être mesurées et nombrées, me paraît bon à suivre, quelque opinion que l'on ait sur celles des grandeurs que l'on n'a point encore pu ou que l'on ne pourra jamais mesurer et nombrer. M. Delbœuf pense que tant qu'un phénomène n'est pas réduit en nombre, il laisse dans l'esprit quelque chose de mystérieux : voilà une proposition qui est faite pour réjouir tous les mathématiciens et je me garderai bien d'y contredire; mais combien reste-t-il de phénomènes mystérieux et obscurs? L'attention soutenue que plusieurs savants ont portée sur quelques-uns de ces phénomènes leur a peut-être déjà permis d'en voir nettement, d'en arrêter les contours, qui paraissent encore à d'autres confus et fuyants. Cette vive lumière qui resplendit dans la science des nombres pénétrera-t-elle jamais partout? J'ai le regret de dire, Monsieur, qu'il me reste des doutes là-dessus.

Il me semble encore que les seules grandeurs auxquelles l'idée de mesure soit directement applicable sont celles dont on conçoit clairement l'égalité et l'addition : en fait, partout où l'on traite de la mesure des quantités, qu'il s'agisse de longueurs, d'angles, de surfaces, de temps, de forces, on commence par appeler l'attention sur ce qu'on doit entendre par l'égalité et la somme de deux de ces quantités; il n'est guère de traité didactique qui ne débute ainsi. Le caractère essentiel des grandeurs directement mesurables est l'*homogénéité*: ce qui vient s'ajouter à elles, lorsqu'elles augmentent, est absolument de la même nature que ce qui existait déjà : une longueur, une surface, le temps, sont de telles grandeurs ; lorsqu'on ajoute une longueur à une autre longueur, les deux choses ajoutées sont absolument de la même nature et de la même nature que leur somme. Ce caractère d'homogénéité appartient nécessairement aux grandeurs directement mesurables,

précisément parce que l'on ne peut comparer entre elles, pour les mesurer, que des grandeurs de même espèce, et il me paraît exiger, comme je l'avais dit, un haut degré d'abstraction dans l'idée que nous avons de la grandeur mesurable, quelle qu'elle soit, puisque cette idée est obtenue en séparant un élément particulier, toujours le même, de tous ceux qui en troubleraient l'homogénéité. M. Delbœuf a parlé du sentiment esthétique; permettez-moi, Monsieur, de le prendre pour exemple; ma pensée, en s'exagérant, deviendra peut-être plus claire.

Il y a, sans doute, des degrés dans nos sentiments d'admiration: certaines œuvres nous font plus d'impression que d'autres. Mais entre ces diverses impressions, n'y a-t-il que des différences du plus au moins; n'y a t-il pas des différences de nature?

Vous voilà devant la Vénus de Milo: un monde de sentiments fugitifs, persistants, vagues, précis, n'ayant entre eux rien de comparable, s'éveille en vous: votre intellect se met en branle, un autre monde d'idées et de souvenirs prend possession de votre cerveau et y déroule ses richesses: tout cela se fond, s'unit, s'élabore à perfection et vous met dans cet état d'émotion délicieuse qui grandit jusqu'à vous absorber en entier, ou diminue et s'éteint pour renaître bientôt. Au milieu de cette complication, dans ce mélange de choses hétérogènes, où la vie met quelque unité, et dont votre admiration est faite, comment abstraire un élément mesurable, dont les diverses parties soient de même espèce, soient comparables entre elles? Mais, poursuivons, Monsieur. Supposons qu'on retrouve les deux bras de la Vénus et qu'on les dépose devant vous. Ils ne seraient pas, sans doute, sans émouvoir aussi votre admiration. Mais cette admiration serait-elle de la même nature que celle que vous éprouviez devant la statue; ne serait-elle pas faite d'autres idées, d'autres sentiments. Tout autres encore seraient les sentiments et les idées qui viendraient vous traverser devant la statue restaurée, ayant recouvré ses deux bras, plus

belle assurément. Ce qui viendrait alors s'ajouter à la beauté qu'elle a déjà serait-il de la même nature que cette beauté? Y aurait-il là matière à quelque comparaison, à quelque sommation? Le composé final serait-il comparable à ses éléments, devenus eux-mêmes différents de ce qu'ils étaient, par le fait de leur union?

Et la musique, Monsieur! C'est bien pis. Qu'il y a loin de la musique « à l'art de combiner des sons d'une manière agréable » et aux règles mathématiques que l'acoustique enseigne pour cela! La grammaire, la linguistique ne sont, certes, pas plus éloignées de cet art consommé que possédaient un Pascal, un Bossuet, pour rendre avec des mots la sublimité de leurs pensées. Mais ne craignez rien, Monsieur, je m'arrête; j'aurais vraiment trop de plaisir à m'enfuir par ce chemin-là, à m'égarer dans cette forêt touffue, à en énumérer longuement les complications singulières. Au surplus, vous trouverez peut-être qu'il est temps de laisser cette digression qui, je l'espère, ne sera point inutile, et d'en revenir à la sensation

Eh bien! il ne me semble pas qu'une sensation possède ce caractère d'homogénéité qui appartient essentiellement aux grandeurs mesurables. J'ai beau faire, Monsieur, en restant à un point de vue purement subjectif, je ne conçois ni la somme de deux sensations, ni leur différence: lorsqu'une sensation grandit, elle devient tout autre et ce qui est venu la modifier, dont je n'ai nulle idée, ne me paraît pas de la même nature que la sensation primitive. Que l'on tienne à la main un objet qui s'échauffe progressivement: la sensation se modifiera incessamment et se terminera en douleur cuisante; on aperçoit bien que les termes extrêmes ne se ressemblent guère; lorsque la douleur s'en mêle, d'autres nerfs, si je ne me trompe, sont mis en jeu. Cette différence de nature qui existe incontestablement entre deux sensations de chaleur causées par des excitations qui diffèrent suffisamment, me paraît subsister, à un moindre degré, entre deux sensations intermédiaires.

Quant à cette sensation différentielle qui vient servir d'unité, il me semble qu'une unité doit toujours rester la même et que cette unité-là n'est point assez constante. Entre 3 mètres et 2 mètres ou entre 1000 mètres et 999 mètres, les différences sont les mêmes, cela s'entend assez. — L'objet que je touche est à une température de 20 degrés, j'éprouve une certaine sensation; l'objet s'échauffe, ma sensation change : si je m'en crois, monsieur, elle est devenue tout autre, elle a changé de nature, elle n'est pas comparable à la précédente et je ne la conçois nullement comme la somme de la première sensation et d'une certaine sensation différentielle; mais, voyez comme je suis accommodant, je dirai quelle est cette somme. Ce sera, si vous le voulez, une définition. Voici maintenant que cet objet est à une température de 40 degrés; il s'échauffe encore, jusqu'à ce que je m'en aperçoive. Cette seconde sensation différentielle qui viendrait s'ajouter à ma sensation de 40 degrés, je ne vois pas du tout qu'elle soit égale à la première, qui serait venue modifier mon ancienne sensation de 20 degrés. Ce sont, dit M. Georges Guéroult, deux minimums d'une même fonction; il parle, il est vrai, de sensations beaucoup plus simples, relatives à la notion de l'espace; mais qu'il y ait une fonction, et qu'elle soit toujours la même, cela est précisément en question.

Toutefois, ne sachant rien sur la grandeur de ces sensations différentielles, nous pouvons convenir de dire qu'elles sont égales. Ce sera encore une définition. Nous voilà donc, Monsieur, en possession de ce qui m'inquiétait tant : deux sensations égales. Il est vrai qu'elles sont bien petites, et il s'agit d'en réunir plusieurs ensemble, afin d'en faire une sensation quelconque. On dira, par exemple, qu'une sensation de 50 degrés est exprimée par le nombre de sensations différentielles qui se succéderaient depuis l'absence de sensation jusqu'à la sensation de 50 degrés, si l'excitation variait depuis la température de la peau jusqu'à 50 degrés, en supposant toutefois que la fatigue ne

vienne pas compliquer le phénomène. Cette nouvelle définition, Monsieur, il me parait bien impossible de la tirer de la sensation elle-même; jamais elle ne serait venue à l'esprit d'un homme qui aurait porté son attention sur la sensation seule, non sur l'excitation. C'est l'étude objective de l'excitation et de ses variations qui conduit à cette définition du nombre qui mesurerait la sensation. C'est au fond par l'excitation que la sensation se trouve définie. En accordant que la sensation différentielle correspond à un accroissement de l'excitation proportionnel à l'excitation primitive, cette définition se ramène, au moyen d'un petit calcul qu'il est inutile de répéter, à celle-ci : la sensation est le logarithme de l'excitation; mais, encore une fois, je ne vois point qu'il y ait là autre chose qu'une définition « aussi légitime d'ailleurs qu'arbitraire ». Ce n'est pas énoncer une loi que de dire que le cercle a tous ses points à égale distance du centre.

Maintenant, qu'une telle définition puisse rendre des services, je ne le nierai point, c'est aux *psychophysiciens* à le prouver, et j'espère bien qu'ils le feront. Par exemple, les intéressantes recherches dont M. Delbœuf a bien voulu vous entretenir pourront aboutir à montrer comment les coefficients que l'on peut faire entrer dans la formule précédente doivent être modifiés sous l'influence de la fatigue. Puisse cette définition être aussi utile pour ce genre d'études que le thermomètre, qui sert à définir la température, l'a été dans les travaux de physique!

Je m'arrête sur cette espérance, Monsieur. Aussi bien je crois que j'ai eu grand tort d'exposer tous ces doutes, de faire toutes ces critiques; je souhaite qu'on n'en tienne pas compte et je n'en veux plus faire d'autres. La *psychophysique*, si elle devient une science complète, ne sera pas la première à avoir eu des commencements difficiles et des principes obscurs. On aurait tort, pour si peu, d'en rester là. La lumière se fera plus tard. C'est une déplorable manie que de chercher à voir toujours trop clair. Les yeux se brouillent, on ne

voit plus rien. Il vaut mieux se trouver satisfait lorsque l'on comprend à moitié : c'est le vrai moyen d'aller en avant et d'être content de soi.

Croyez, Monsieur, à tout mon respect et à tout mon dévouement.

***

Réponse de M. Delbœuf.

A MONSIEUR ÉMILE ALGLAVE.

Liège, le 28 avril 1875.

Monsieur,

Je commence par vous remercier d'avoir bien voulu insérer dans la *Revue* que vous dirigez la réponse que j'ai faite aux observations de votre correspondant anonyme sur la mesure des sensations.

Je ne sais, Monsieur, s'il entrera dans vos convenances de faire encore paraître les lignes suivantes, où je combats les nouvelles objections de mon spirituel contradicteur. J'ose l'espérer. Dans sa chronique scientifique du 27 avril, le *Temps* lui laisse le dernier mot, et M. Vernier, l'auteur de l'article, promettant de revenir sur ce sujet, je n'aimerais pas qu'il trouvât la psychophysique livrée sans défense aux attaques d'un critique aussi redoutable. Ce n'est pas que les coups portés soient bien violents : on se contente d'introduire délicatement le stylet dans le nœud vital de la jeune science et de la tuer raide.

D'ailleurs, Monsieur, le correspondant et moi nous sommes tellement près de nous entendre que cette lettre sera bien probablement la dernière. Le champ du débat est maintenant parfaitement déblayé, mon adversaire ayant, avec une bonne grâce dont je lui sais un gré infini, porté la discussion sur un point unique, mais qui constitue le fondement de la théorie.

Il est étonné, dit-il, que je ne l'ai pas compris. Cet étonnement de sa part est pour moi une flatterie bien

délicate. C'est que je n'osais le comprendre. Il y avait des portes mal fermées à la forteresse; j'ai préféré les enfoncer, croyant amener ainsi l'ennemi à capituler. Je me faisais illusion; ce que je craignais existait; le mur de l'enceinte intérieure est beaucoup mieux fortifié, et un nouveau siège est nécessaire.

Sans doute, les nouvelles objections se trouvaient dans la première lettre; mais elles y étaient, comme dirait Leibniz, à l'état d'enveloppement. Aussi, à mon tour, y ai-je répondu en me montrant sobre de raisons. J'ai seulement fait observer que M. Ribot a touché juste quand il a dit qu'on avait tourné les difficultés signalées, et en outre j'ai essayé de montrer qu'on peut concevoir la somme ou la différence des sensations lumineuses.

Cette argumentation sommaire n'est plus suffisante; il faut pénétrer plus avant dans la question. Je procéderai par division, car, à côté du point capital, il y a encore dans la critique nouvelle des points secondaires, des espèces de forts détachés d'où je dois d'abord déloger l'adversaire.

Il dit d'abord ceci : Une sensation n'est pas quelque chose d'homogène; quand elle grandit, elle devient autre; un surcroît de sensation de chaleur n'est pas de même nature que la sensation primitive, elle est plus douloureuse.

Je ne pense pas que cela puisse être contesté. Mais qu'est-ce que cela prouve, sinon que la sensation de température n'est pas isolable? Toute sensation, en effet, comme j'espère le faire voir à l'évidence dans mon nouveau mémoire, est mêlée d'un sentiment de peine ou de plaisir; tantôt ce sentiment est imperceptible, tantôt il masque complètement la sensation. Il est clair, dès lors, qu'il faut opérer sur des sensations le plus pures possibles. D'ailleurs c'est ce qu'on a toujours fait d'instinct, pour ainsi dire. Weber et Fechner remarquent que, vers ce qu'ils appellent les limites extrêmes, la loi est en défaut. Seulement, d'après moi, il n'y a pas, à proprement parler, de limites. La sensation n'est jamais séparée d'une certaine portion de peine

ou de plaisir. C'est ainsi qu'il n'y a pas de couleur pure; que ce que nous désignons ainsi est toujours mélangé de gris, c'est-à-dire de toutes les autres couleurs. C'est pour échapper à cet inconvénient que, tandis que le correspondant parle chaleur, moi je réponds lumière; je pourrais répondre son, tonalité, pression, poids. Mais dès qu'on fait intervenir la température, la sensibilité est vite affectée d'une manière agréable ou désagréable. Il n'en est pas de même pour la lumière, le son, etc., qui peuvent varier dans des limites très-étendues sans que la douleur ou le plaisir vienne sensiblement altérer l'impression.

On me concédera pourtant encore que l'on peut, au moyen d'expériences multipliées, éliminer par le calcul cet élément perturbateur. C'est ainsi qu'en chimie on connaissait depuis longtemps les caractères et les propriétés du fluor avant d'être parvenu à l'isoler.

La seconde objection est celle-ci : Les différentielles de sensation ne sont égales que par définition, et, en accordant qu'elles correspondent à des accroissements d'excitation proportionnels à l'excitation primitive, il se trouve que la prétendue loi de Weber n'est au fond qu'une définition.

Ceci n'est pas juste. Je laisse pour le moment de côté la prémisse : les sensations différentielles ne sont égales que par définition ; et je passe au reste. Ah ! sans contredit, si c'était *par une nouvelle définition* que l'on établirait un rapport entre la sensation différentielle et l'excitation différentielle, le correspondant aurait raison ; mais c'est l'*expérience* qui fait connaître ce rapport : ce sont des essais extrêmement nombreux, extrêmement variés pour les divers ordres de sensations qui l'ont mis en lumière, de sorte que l'intégrale définitive est l'expression d'une loi.

Il est peut être bon d'insister sur ce point en instituant une expérience. Il est vrai qu'elle ne pourrait probablement pas s'exécuter comme je vais le décrire, mais il n'y a là qu'une difficulté pratique: la chose principale c'est d'écarter la difficulté théorique. Il faut

encore noter ceci que la sensibilité à la température se prête mal à l'expérimentation.

Nous supposons que les deux mains soient également sensibles à la température et que la douleur soit évitée. Deux vases contiennent de l'eau dont la température est égale à celle de la peau. En y plongeant les deux mains on aura deux sensations égales, ou mieux encore, on n'aura pas de sensation. Élevons la température de l'un des deux vases, il arrivera un moment où l'on s'apercevra d'une différence. Ce sera, par exemple, quand la chaleur du premier vase étant T_0, celle du second est $T_0 + D_0 = T_1$. Nous pourrons écrire : $D_0 = m\,T_0$, m étant en général plus petit que 1. Rendons la chaleur des deux vases égale à T_1; accommodons-y nos deux mains, en les tenant plongées dans le liquide un temps suffisant; puis, opérant comme tantôt, élevons le degré de chaleur de l'un d'eux. On ressentira l'accroissement quand la différence de température sera D_1, et l'on aura $T_1 + D_1 = T_2$. Or il se trouve que $D_1 = m\,T_1$, et de même que $D_2 = m\,T_2$, et ainsi de suite indéfiniment. Si je fais alors le petit calcul que l'on connaît, je trouverai que la sensation pour une température T est : $S = K \log \frac{T}{T_0}$; et j'aurai certes le droit d'affirmer que la *loi* de la sensation est fondée sur l'expérience et non sur une définition. Comme on le voit, j'ai cherché à obtenir des *contrastes sensibles* de chaleur analogues aux contrastes sensibles de lumière dont je parlais dans la lettre précédente.

Par parenthèse, cette formule est identique avec celle qui exprime la loi de refroidissement de Newton. En effet, soit T_0 la différence initiale entre la température d'un corps et celle du milieu où il est placé, et T la différence après un temps t, on a : $t = K \log \frac{T_0}{T}$. Cette loi, on ne peut la vérifier expérimentalement que d'une façon assez grossière, car on ne parvient pas à produire le phénomène du refroidissement dans toute sa pureté, c'est-à-dire dans un milieu de température rigoureusement constante. Faisons toutefois abstraction de la diffi-

culté : on comparera le temps après lequel la température est devenue T_1, puis T_2, puis T_3..... et l'on verra si t croît comme le logarithme des rapports $\frac{T_0}{T_1}$, $\frac{T_1}{T_2}$, $\frac{T_2}{T_3}$, etc. Comme on le voit, le procédé expérimental de *vérification* est de même nature que le procédé de *recherche*. Notez bien que je constate uniquement la ressemblance des formules sans admettre le moins du monde qu'il y ait analogie entre les phénomènes.

Reste maintenant l'argument véritablement capital : les différences de sensation correspondant à ces différences, D_0, D_1, D_2, sont-elles égales ; sont-elles de même nature ; la sensation est-elle une somme de ces différences ? Ah ! Monsieur ! je n'en sais rien. Voilà un aveu qui va vous faire tressaillir d'aise. Mais, je vous en prie, ne m'accablez pas en me voyant désarmé. Je vous dirai même qu'on n'en saura probablement jamais rien : on ne peut pas, en soi-même, prendre isolément deux sensations égales et les ajouter l'une à l'autre, comme on ajoute des poids égaux. Quand un chanteur fait entendre une gamme chromatique ascendante, il procède par intervalles de ton, par degrés d'*acuité* égaux, ou du moins il les croit tels (sauf des différences légères dont j'ai autrefois donné l'explication), et il les ajoute *comme* égaux. Dans l'échelle des tons gradués lumineux que je rappelle encore, les contrastes sont-ils *réellement* égaux aussi bien que je les *juge* égaux ? Il me plaît de le croire. Mais ils ne le seraient pas, peu m'importe ! *La loi n'en subsistera pas moins.* Il me suffira, pour satisfaire le critique, d'allonger mes phrases, et au lieu d'*accroissements égaux*, de dire chaque fois *des accroissements jugés égaux par le sens intime.* Y aura-t-on gagné quelque chose ? Enfin, troisième aveu, le dernier : je ne comprends en aucune façon ce qu'on pourrait demander de plus que cette constatation d'égalité par le sentiment. Que signifie l'expression *contraste réel* opposée à *contraste sensible ?* Je ne parviens pas à faire cette distinction.

Un dernier mot : supposez qu'on ne puisse fournir la

preuve directe de la vérité des lois psychophysiques, n'est-il pas idéalement possible d'en donner la démonstration indirecte? N'a-t-on pas pesé les corps de notre système planétaire? Et si de la loi de Weber ou d'une autre loi semblable découlaient des conséquences expliquant un nombre indéfini de phénomènes visibles, tangibles et mesurables restés jusqu'ici incompréhensibles; ou si l'on reconnaissait qu'elle est un cas particulier d'une loi plus générale, n'y aurait-il pas lieu de croire de plus en plus à son exactitude mathématique? Or, j'espère que l'on trouvera, au moins en partie, cette démonstration *à posteriori* dans un mémoire qui, au moment où paraîtront ces lignes, sera présenté à l'Académie de Belgique.

Voilà, Monsieur, ce que je puis dire pour lever les scrupules de votre aimable, mais terrible correspondant. Vous le voyez, nos divergences ne portent plus que sur un point — fondamental, il est vrai. A cela près, nous marchons d'accord, lui, avec son œil pénétrant, sans y voir clair, moi, avec mes yeux myopes, en lui montrant le chemin.

Veuillez, Monsieur, recevoir l'assurance de ma considération la plus distinguée.

J. DELBŒUF,
Professeur à l'Université de Liège.

THÉORIE GÉNÉRALE

DE LA SENSIBILITÉ.

ÉLÉMENTS D'UNE SOLUTION SCIENTIFIQUE

DES QUESTIONS GÉNÉRALES RELATIVES

A LA NATURE ET AUX LOIS DE LA SENSATION,

A LA FORMATION ET AU ROLE DES ORGANES DES SENS,

A L'ACTION DE LA SENSIBILITÉ

SUR LE DÉVELOPPEMENT PHYSIQUE ET INTELLECTUEL

DE L'INDIVIDU ET DE L'ESPÈCE.

« Comment un nerf peut-il devenir sensible à la lumière?..... plusieurs faits me disposent à croire que les nerfs sensibles au contact peuvent devenir sensibles à la lumière, et de même à ces vibrations moins subtiles qui produisent le son. »

DARWIN, *De l'origine des espèces*, chap. VI, 5.

THÉORIE GÉNÉRALE

DE LA SENSIBILITÉ.

INTRODUCTION.

PRÉLIMINAIRES.

But et plan de l'ouvrage. — Étudier à un point de vue général les phénomènes de la sensibilité, les réduire à leur plus simple expression pour les reconstruire ensuite dans leurs caractères essentiels, tel est le but que nous nous sommes proposé dans cet ouvrage.

Il y a d'abord à distinguer entre la sensibilité et la motilité, entre la sensation et le sentiment de l'effort, ce qui servira à établir la différence entre les faits sensibles et les faits intellectuels.

Ce travail se divise par conséquent en deux parties.

Dans la première, où il est traité de la sensibilité, on analyse la sensation sous le rapport quantitatif et sous le rapport qualitatif.

Au point de vue de la quantité, on établit que la sensation est soumise à trois lois dont on donne les formules; et, de l'examen attentif de ces lois, il ressort : 1° que la sensation est due à une rupture d'équilibre; 2° qu'elle est proportionnelle au travail

nécessaire pour produire l'impression; 3° que l'organisme est assimilable à un corps élastique dont les molécules sont susceptibles, entre certaines limites, de se disposer autrement, mais, abandonnées à elles-mêmes, reviennent à leur position première.

On y verra ensuite comment un organisme tout à fait élémentaire, une masse sphérique homogène de matière sensible, évoluera nécessairement, en vertu de ces lois, vers des formes de plus en plus élevées.

Avec la première différenciation apparaît l'organe des sens. Adventice d'abord, permanent ensuite, il devient enfin spécifique.

L'organe, une fois né, joue le rôle principal. Non-seulement il est indispensable pour qu'il y ait sensation distincte, mais c'est par lui que les impressions s'associent et que l'individualité se constitue; il est l'instrument de l'expérience et de l'instinct de conservation, l'origine des progrès tant de l'individu que de l'espèce.

Cette seule notion de l'organe suffit à expliquer sa position et sa figure dans le corps.

Le problème de la qualité de la sensation se résout par l'analyse du mode de formation et des fonctions de l'organe.

La seconde partie de ce travail est consacrée à la motilité. On remarquera qu'elle est moins développée, parce que nous nous attachons à ne pas nous laisser entraîner hors du domaine rigoureusement scientifique, et qu'ainsi nous ne traitons que les points nécessaires à l'intelligence de la première partie.

Comment l'animal a-t-il la notion d'un objet, et quelle espèce de connaissance peut-il en avoir? Comment a-t-il la connaissance de son propre individu? Telles sont les deux questions qui se présentent. La solution en est renfermée dans l'analyse du sentiment de l'effort, qui est, pour nous, synonyme de conscience; et, en ordre subsidiaire, on fera voir comment l'état de conscience passe insensiblement à l'état d'inconscience, comment l'intelligence évolue vers l'instinct premièrement et l'automatisme en dernier lieu.

Tel est le cercle de nos recherches. Quoique le sujet soit vaste, on en a élagué tous les développements qui n'étaient pas d'une nécessité absolue. Nous n'avons tracé que des contours, mais nous avons tâché de leur donner le plus de netteté possible.

Définitions de l'impression, de l'excitation, de la sensation, de la perception. — Commençons par définir les termes qui nous serviront, et par circonscrire notre objet. Rien de plus vague, comme on s'en convaincra par la suite, que la signification accordée au mot *sensation*. Cette dénomination sert à désigner des phénomènes d'ordres différents ou de nature complexe. Il est donc avant tout indispensable de faire connaître notre dictionnaire pour éviter des confusions inadmissibles dans une œuvre scientifique.

Tout être, animal, végétal, ou minéral, subit l'influence de ce qui l'entoure; toute *altération* dans la constitution du milieu ambiant produit en lui une altération correspondante que nous nommons *impres-*

sion. La cause de l'impression, nous l'appelons *excitation*.

Si l'être est sensible, à cette impression organique, au phénomène physique, qui est chez lui tout à fait comparable à celui qui se manifeste dans l'être insensible, répond, au moment où elle s'effectue [1], un phénomène psychique, la *sensation*, il ressent en lui la modification qu'il éprouve. Seul, il peut savoir ce qu'est sa sensation; elle est incommunicable, c'est un phénomène *interne*; l'impression, au contraire, peut être connue et appréciée par tous, c'est un phénomène *externe*.

Si, de plus, l'être est *connaissant*, s'il est doué d'*intelligence*, ce mot étant pris dans le sens le plus étendu qu'il puisse avoir, de manière à s'appliquer aux animaux même inférieurs, il aura des *perceptions*, c'est-à-dire qu'il rapportera sa sensation à une cause, en général, autre que lui, et qu'il attribuera à cette cause une qualité, qui sera celle de lui procurer une sensation déterminée.

Ainsi, quand la température du milieu s'élève, tous les corps *deviennent chauds*, les êtres sensibles *ont chaud*; les êtres intelligents se diront: *il fait chaud*.

Ces définitions, pour le moment provisoires, se préciseront au fur et à mesure qu'on avancera dans cette étude.

La motilité condition de la perception. — Entre la sensation et la perception, entre ces deux

[1] Comme on le verra plus tard, cette proposition incidente est de toute importance.

phénomènes au fond si différents, il se fait facilement une confusion. Il est bon, par conséquent, d'insister sur ce point pour bien délimiter ce qu'est la sensation, et éliminer les éléments étrangers qui viennent habituellement en altérer la notion.

Pour que la perception soit possible, l'animal doit faire dans la sensation qu'il éprouve la part de ce qui émane de lui, et la part de ce qui vient de l'extérieur : la sensation est, en effet, le produit de deux facteurs, l'animal et la cause agissante. Pour qu'il puisse faire cette analyse, il faut qu'il ait, dans une certaine mesure, la faculté de se donner des sensations à lui-même, de varier, comme dans les expériences de laboratoire, les circonstances où elles se produisent. Pour cela, il suffit que l'animal ait la faculté de *se mouvoir* (ce terme étant pris dans son sens le plus général), et qu'il ait en même temps le *sentiment de l'effort* qu'il déploie quand il se meut; il faut, en un mot, qu'il soit doué de *motilité*.

Un animal qui, chaque fois qu'il ouvre les yeux, voit toujours dans la même situation par rapport à lui les mêmes objets, doit croire qu'ils font partie de son être. Mais si un jour, s'attendant à les voir à la même place, il les trouve changés de lieu ou d'aspect, et si cela s'est fait indépendamment de sa volonté, il est forcé d'admettre que le changement est dû à une cause autre que lui. L'enfant n'entend pas, quand il le veut, la voix aimée de sa mère, et il en conclut qu'elle est différente de lui; mais certainement si elle répondait toujours immédiatement à son désir, il devrait croire s'entendre lui-même. Il a donc des perceptions, parce qu'il distingue, dans

ce qu'il éprouve, des choses qui sont sous sa dépendance et des choses qui n'y sont pas; et cette distinction il n'a pu la faire que s'il a des choses sous sa dépendance, s'il peut produire certains effets, c'est-à-dire, en termes généraux, s'il peut mouvoir des objets ou se mouvoir — en sentant, bien entendu, qu'il les meut ou se meut.

Il va de soi qu'il faut entendre cette locution *se mouvoir* dans un sens absolu; il ne s'agit pas ici uniquement d'un *changement de lieu*, mais tout aussi bien d'un *changement de forme ou de position*, ou même tout simplement d'un *changement moléculaire*. Ainsi, de la femelle du ver luisant, quand elle augmente volontairement l'éclat de son corps, on peut affirmer qu'elle se meut, en ce sens qu'elle imprime spontanément un mouvement vibratoire spécial aux molécules de son corps. On voit que la motilité, dans le sens qui lui est ici donné, est à l'activité de l'être ce que la sensibilité est à sa passivité, la face psychique, interne, d'un phénomène physique, externe.

C'est pour conserver aux termes leur plus grande généralité que nous n'avons pas voulu nous servir des expressions assez usitées de *sens musculaire*, *sensations musculaires*, parce qu'elles comportent une signification trop étroite [1].

La motilité forme à proprement parler le caractère distinctif de l'animal. Rien n'empêche en effet d'attribuer aux plantes la sensibilité; certains faits

[1] Voir, pour plus de détails sur ce sujet, notre *Psychologie comme science naturelle*. Paris, Germer-Baillière.

présentés par la sensitive ainsi que par les plantes carnivores [1], sembleraient corroborer une semblable opinion. D'ailleurs, quand on dit des plantes qu'elles vivent, que peut signifier cet attribut, si l'on réduit la plante à être une espèce d'alambic où se passent des phénomènes chimiques d'élaboration? On pourrait, à ce titre, regarder bien des substances minérales, sinon toutes, comme vivantes. La plante est saine ou malade, elle souffre, elle languit, on la blesse, on la guérit, elle a soif, elle est satisfaite, voilà comme on s'exprime en parlant d'elle, parce qu'au fond il est impossible de ne pas voir là des états identiques à ceux que présentent les animaux.

S'il en est ainsi, à l'aphorisme de Linné il faut substituer cet autre : les minéraux changent, les plantes sentent, les animaux perçoivent [2].

La sensibilité ne peut se définir. — Il semblerait qu'on dût maintenant définir la *sensibilité*. Or, c'est là une chose actuellement impossible, et cela pour des raisons scientifiques et logiques.

[1] Voir, dans la *Revue scientifique* du 21 novembre 1874, un article de Hooker sur les plantes ainsi dénommées.

[2] On distingue en philosophie le *sens interne* et le *sens externe*. On voit en quoi la dernière expression surtout est fautive. En réalité, il n'y a pas de sens qui nous fasse *directement* connaître l'*extérieur*. Ce qu'on appelle ainsi, c'est la faculté de rapporter la cause des sensations que l'on éprouve à quelque chose d'autre que soi. Il y aurait donc tout avantage à remplacer dans cette expression le mot *sens* par un autre mot qui ne donnât pas lieu à confusion.

En effet, une semblable définition exige que l'on distingue l'insensible du sensible, et que l'on dise ce que le sensible a de plus que l'insensible. Pour cela, il faudrait se trouver dans l'une de ces trois conditions :

1° Ou il faudrait que l'on pût créer le sensible avec l'insensible par un procédé d'analyse ou de synthèse. Dans ce cas, l'énoncé du procédé tiendrait lieu de définition — c'est ainsi qu'on définit l'oxygène : le gaz qui se rend au pôle positif de la pile quand on décompose l'eau par l'électricité. — Or qui ne sait que c'est le rêve irréalisé du moyen-âge ?

2° Ou bien il faudrait qu'on observât la transformation de l'insensible en sensible ; alors la description fidèle des circonstances où cette transformation se produit pourrait conduire à la définition. Or, jusqu'aujourd'hui, la doctrine de la génération spontanée n'a pas encore été reçue dans la science, et elle a été repoussée de tous les domaines où elle cherchait à s'implanter.

3° Ou bien enfin il faudrait que la notion du sensible prît naissance après celle de l'insensible ; et l'énumération des attributs qui viennent dans l'esprit s'ajouter à ceux de l'insensible pourrait servir de définition nominale, sinon réelle. Mais il n'en est pas ainsi : l'enfant commence par regarder tous les êtres qui l'entourent, comme lui étant semblables, c'est-à-dire, comme des êtres corporels, sensibles et intelligents. Ses parents, le chien, le chat, la poupée, les meubles sont obéissants ou désobéissants, dignes de caresse ou de châtiment. Si vous l'avez laissé se développer naturellement,

si vous n'avez pas de trop bonne heure occupé son jeune esprit d'idées savantes, vous serez bien souvent surpris de voir jusqu'à quel âge il conserve de pareilles illusions.

On avait donné à une petite fille de plus de cinq ans et douée de l'intelligence de son âge, une souris de chocolat. Elle s'en amusa comme d'un jouet, et l'oublia par terre dans le jardin. Le père l'aperçut et l'alla mettre sous une trappe à campagnols. Vers le soir la petite rentra dans les appartements. Et ta souris? lui dit le père. — Je l'ai oubliée dans le jardin près du banc. — Va la rechercher : il ne faut pas prendre des habitudes de négligence! — Elle s'en va, et, après avoir bien cherché, elle revient d'un air désappointé. — Je ne l'ai pas trouvée, dit-elle, et pourtant je suis sûre de l'avoir laissée où je disais. — Elle se sera probablement sauvée, insinua le père. — Se sauver? une souris de chocolat! — Pourquoi pas? pourvu qu'elle ne soit pas allée se faire prendre sous une trappe! — Sous une trappe? — Qui sait? va toujours voir. — La petite sort, puis rentre bientôt, essoufflée, l'œil en feu, et avec la plus grande animation : Mais vraiment, père, dit-elle; elle était sous une trappe, la gourmande; elle a même mangé presque tout le pain. Qui l'aurait cru? — Le lendemain la souris s'égara encore, et elle la retrouva de nouveau sous une trappe. Mais cette fois-ci le doute s'introduisit dans son esprit. Elle vint raconter la chose à son père, et le voyant sourire : c'est toi qui m'as fait une farce, conclut-elle un peu honteuse.

Si tel est l'enfant quand il commence déjà à rai-

sonner, il est facile de deviner ce qu'il est à un âge encore plus tendre. C'est peu à peu que le chaos de ses idées enfantines se débrouille, que les différences s'accentuent, que les semblables se groupent. Il en vient à distinguer les chiens, les chevaux, les bœufs, les poules, les canards, les poissons, les insectes, les fleurs, les arbres, les pierres; puis à concevoir que, de ces êtres, les uns ne comprennent ni ne sentent, que les autres vivent mais ne comprennent pas.

Il est clair, par conséquent, que toute définition de la sensibilité, en ne supposant connu que l'insensible, renfermerait une pétition de principe, puisqu'on aurait, pour l'obtenir, ajouté à l'insensible un élément qu'on a précisément abstrait du sensible pour en former l'insensible.

C'est donc par abstraction que l'homme arrive à l'idée d'êtres corporels et vivants, mais non intelligents. C'est une abstraction subséquente qui lui donne celle d'êtres simplement corporels ou insensibles. De même, plus tard, par un procédé semblable, il concevra des êtres sensibles et intelligents, mais incorporels, puis enfin un être, pure intelligence.

En réalité, nous ne pouvons nous rendre compte de l'existence d'un être insensible, et nous en sommes réduits à ne pas chercher à définir la sensibilité. Heureusement, les êtres à qui cet écrit s'adresse sont sensibles, et, possédant cette faculté, ils comprennent parfaitement en quoi elle consiste.

Spécificité des sensations. — Nous devons donc partir d'une sensibilité primitive, élémentaire,

dont les transformations constituent les divers modes de la sensibilité, c'est-à-dire les sensations de toutes natures, telles que celles de chaleur, de lumière, de son, etc. Ces modes sont certainement susceptibles de définition, car l'observation nous montre que, sur notre terre, à des êtres dont les sens étaient rares ou imparfaits, en ont succédé d'autres dont les sens sont plus nombreux et plus perfectionnés; et les découvertes de la paléontologie invitent à son tour la raison à conclure que le progrès qui se manifeste dans le passé des espèces aujourd'hui en partie détruites, n'a pas dit son dernier mot, et que d'autres peuvent surgir un jour douées de sens dont nous n'avons actuellement aucune idée.

Le problème psychique de la spécificité des sensations est donc parallèle au problème physique de la variété des causes naturelles.

Aujourd'hui la science tend à ramener tous les phénomènes de la nature matérielle à des mouvements, soit de transport dans l'espace, soit moléculaires. Le mouvement est l'expression de la force; quand la force n'engendre pas de transport visible, elle produit un mouvement moléculaire. Ainsi lorsqu'un obstacle maintient une corde de violon écartée par une force de sa position de repos, cette force se traduit en mouvements moléculaires vibratoires tant de la corde que de l'obstacle. Celui-ci levé, ces mouvements moléculaires se transforment en mouvement de transport, puis, la position de repos dépassée, ce mouvement de transport se convertit à son tour graduellement en mouvements

moléculaires. Le mouvement de va-et-vient se continue jusqu'à ce qu'il soit amorti par la résistance de l'air et des points d'attache, et par la raideur de la corde.

Quant aux qualités des corps, on les attribue au mouvement soit des molécules, soit des atomes qui les constituent. C'est la nature particulière du mouvement moléculaire qui fait qu'un corps est solide, liquide ou gazeux, sonore ou lumineux, et c'est du mouvement atomique que dérivent ses propriétés chimiques [1]. Sans doute on ne peut guère actuellement soupçonner à quelles espèces de mouvements constitutifs est due, par exemple, la différence de l'or et de l'argent, mais l'idée que c'est dans ces mouvements qu'elle réside, n'en est pas moins universellement admise.

Si cette conception moderne est vraie, il en résulte que l'univers matériel apparaîtrait à notre intelligence, supposée parfaite, comme composé de groupes différents d'atomes, groupes mobiles dans l'espace, pendant que tous les atomes oscillent autour d'un centre d'équilibre. Elle n'y verrait pas d'autre variété que celle dépendant de la vitesse et de la direction des groupes, de l'amplitude, de la rapidité et du sens de la vibration des atomes.

Mais il y a plus. La science actuelle, depuis la découverte de l'équivalent mécanique de la chaleur

[1] Nous ne parlerons pas du groupement des atomes, parce qu'on peut le ramener à une modification du mouvement atomique, qui est analogue au mouvement moléculaire.

et du principe de la conservation de la force, regarde avec raison le mouvement de transport et tous les mouvements moléculaires comme pouvant se transformer l'un dans l'autre, et nos muscles, ainsi que nos machines à vapeur, ne sont pas autre chose que des appareils destinés à opérer cette transformation.

De cette conception de l'univers résulte une conséquence importante : c'est que, idéalement, les phénomènes les plus divers en apparence, le son, la chaleur, la lumière, le magnétisme, sont dus à des causes réductibles l'une à l'autre, et par conséquent, au fond, identiques, puisqu'elles se ramènent toutes au mouvement, et qu'en partant d'un mouvement primordial, on peut refaire par la pensée l'histoire du monde.

Une pareille simplification est-elle possible pour les phénomènes si variés de la pensée? Se laissent-ils ramener à quelques phénomènes plus simples? la réduction peut-elle être poussée plus loin encore de façon à nous permettre de les tirer d'une sensibilité unique primordiale? Le présent travail est un essai de réponse à ces questions.

Décomposition d'un phénomène complexe en ses éléments simples. — Pour étudier avec fruit un phénomène complexe, il faut le décomposer en ses phénomènes simples. Si l'on représente la nature de ceux-ci par A, B, C...., et si a, b, c..... désignent les quantités respectives de A, B, C.... qui composent le phénomène complexe, la formule $a\mathrm{A} + b\mathrm{B} + c\mathrm{C}$.... peut servir à exprimer un phénomène quelconque.

Il n'est pas nécessaire d'accorder ici aux signes

leur portée mathématique rigoureuse. Ce n'est pas que la formule ne puisse se justifier même à cet égard, car toute fonction se ramène en dernière analyse à une addition; mais une pareille démonstration serait, dans le cas présent, parfaitement oiseuse. Une comparaison familière fera comprendre le sens de la formule. Tout phénomène complexe est assimilé à un panier rempli de fruits de différentes espèces, des poires, des noix, des raisins, et dont le contenu peut s'exprimer comme suit : $pP + nN + rR + \ldots$ où p, n, r ... désignent respectivement le nombre des poires, des noix, des raisins et autres fruits qui le composent.

S'agit-il, par exemple, du mouvement d'un corps, on recherchera les forces diverses qui le produisent, et l'on en déterminera la grandeur. Si un homme marche sur le pont d'un bateau, son mouvement par rapport au rivage se décompose en deux mouvements simples, celui du bateau et celui de l'homme, mouvements dont on détermine la direction et la vitesse; et, en les combinant, on a le mouvement cherché. En dernier résultat, il sera représenté par une expression de la forme $aA + bB$, où A et B désignent les deux espèces de mouvements, c'est-à-dire leurs directions respectives, et a et b leur vitesse.

Analyser, c'est faire ce travail de décomposition. L'analyse chimique, physique, physiologique, n'est pas autre chose: seulement, suivant l'état de nos connaissances, elle peut être plus ou moins imparfaite. Si difficile qu'on la juge, si impossible qu'on la déclare, l'analyse préalable est indispensable.

Tout phénomène, si complexe qu'il soit, peut donc s'exprimer dans une formule telle que $aA + bB + cC + \ldots$ et le problème qui le concerne consiste à déterminer les inconnues A, B, C, ... désignant les phénomènes simples qui le constituent, et les quantités a, b, c, ... énonçant les quantités respectives de ces phénomènes simples.

Les formules des phénomènes de la sensibilité ne sont que des cas particuliers de cette formule générale.

Position du problème. — A la première vue, il semble téméraire de vouloir décomposer les faits qui se passent au fond de la conscience et qui ne se révèlent qu'à l'être même chez qui ils se passent.

Cependant cette chose téméraire a été entreprise et menée à bonne fin pour les sensations auditives. Depuis longtemps on a analysé la sensation que produit un accord ; d'un autre côté, les oreilles exercées savent décomposer aussi plus ou moins complètement la sensation que fait naître une symphonie. Le timbre, c'est-à-dire cette qualité propre du son qui fait qu'on reconnaît la nature de la source sonore dont il émane, resta longtemps indécomposé. Helmholtz en a pénétré la nature, et il a démontré que cette qualité réside dans l'adjonction à la note fondamentale de notes harmoniques accessoires d'intensités variées. Par conséquent le timbre d'un ton fourni par un instrument quelconque, est exprimable aussi par la formule $aA + bB + cC + \ldots$ où A représente le ton principal, B, C, ... les tons accessoires, et a, b, c... les nombres de leurs intensités respectives. Le timbre résulte en somme

d'un accord latent. On est arrivé à des résultats satisfaisants, quoique imparfaits encore, pour la sensation de couleur.

L'on conçoit dès lors sans peine qu'on puisse parvenir à décomposer d'une manière analogue toute autre sensation. S'agit-il, par exemple, des impressions gustatives, on voudra bien admettre, pour nous servir d'un exemple vulgaire mais qui rend exactement notre pensée, qu'on puisse représenter le goût d'une salade par une formule où A, B, C, D désigneraient les sensations simples d'acide, de salé, de doux, d'amer, et *a*, *b*, *c*, *d* les quantités de ces divers éléments — exactement comme un livre de cuisine donne la recette d'une sauce.

Si l'on réfléchit au caractère de cette analyse, on voit bientôt qu'il consiste essentiellement à éliminer de plus en plus l'élément qualitatif et à le remplacer par l'élément quantitatif. A la rigueur, cette élimination n'est pas toujours absolue, bien que ce soit là l'idéal à poursuivre. L'immense variété des timbres, leur complexité infinie est exprimée dans des formules qui ne contiennent plus comme éléments qualitatifs que les notes simples; de même les couleurs composées se résolvent en combinaisons de quelques couleurs fondamentales; de même la saveur d'un aliment doit pouvoir se ramener au mélange de saveurs élémentaires. Le dernier pas est fait si l'on parvient à réduire en nombre ces qualités simples, comme on l'a fait pour les notes de la gamme, comme on l'a fait pour les couleurs; si, par conséquent, pour les saveurs, on pouvait exprimer les sensations de doux, d'amer, d'acide, de

sucré en formules où entreraient seulement des nombres. Mais il reste toujours au fond un élément qualitatif, celui de son, celui de couleur, celui de saveur, qui reste accolé au nombre.

Nous entendons par *état sensible* la manière d'être actuelle de la sensibilité. Cette manière d'être se compose d'un ensemble d'états que nous appelons *simples;* ces états sont produits par l'action isolée d'une cause unique extérieure, pression, lumière, son, électricité, etc. Cette définition étant comprise, il est évident que la formule précitée peut servir à représenter l'état sensible en général, et que les états particuliers s'obtiendront en faisant passer a, b, c.... par toutes les valeurs possibles.

Le problème que nous nous sommes posé, est maintenant réduit à ses termes les plus clairs : nous devons rechercher quelle est la nature des qualités désignées par les symboles A, B, C... et quels résultats répondent aux différentes valeurs des coefficients a, b, c ... indiquant dans quelles proportions sont combinées ces qualités. Il présente évidemment autant de cas différents que la formule contient de termes. Mais ces cas se ramènent à deux : celui où elle ne contient qu'un terme, et celui où elle en contient plusieurs.

Si elle ne contient qu'un terme, nous dirons que la sensibilité est *simple*; si elle en contient plusieurs, nous dirons qu'elle est *composée*.

PREMIÈRE PARTIE.

LA SENSIBILITÉ.

CHAPITRE PREMIER.

La Sensibilité simple.

État de la question. — Nous désignerons par pP le terme unique de la formule de la sensibilité simple, pour le distinguer d'un des termes, tel que aA, de la formule de la sensibilité composée. Il y a, en effet, à remarquer que le symbole A n'a de signification qu'en tant qu'il est coordonné aux symboles B, C...., mais du moment où la cause est unique, on ne peut parler de sa qualité. Si un être était constitué de manière à n'avoir que des sensations auditives, on ne pourrait pas dire qu'elles sont *auditives*, elles seraient des sensations et pas autre chose. Donc les états sensibles d'un être doué de sensibilité simple sont donnés par les variations de p; la nature P de ses sensations nous est indifférente, nous n'avons pas à en parler.

A la rigueur, il y a un état sensible différent pour chaque valeur de p, mais il n'y a pas pour cela sensation. Comme on le verra, la sensation ne se produit qu'au moment où p subit une variation et elle ne dure qu'un temps limité. De plus, une sensa-

tion n'a pas toujours lieu à chaque variation ; il faut pour cela que la variation ait une certaine importance. Mais, *pour le moment*, il n'est pas nécessaire d'entrer dans ces considérations ; en conséquence, on admettra qu'une sensation s correspond à toute variation de p.

Les variations de p sont dues aux variations de la force extérieure que nous désignerons par p'. L'être est impressionné du moment qu'il y a inégalité entre p et p'. L'impression dure tant que cette inégalité subsiste. L'inégalité de p et de p', voilà l'*excitation* d'où dépend l'*impression ;* enfin la *sensation* s, correspond à cette impression, et par conséquent à cette excitation ; elle est donc fonction de p et de p'.

Quelle est la relation qui lie les quantités s, p *et* p' ? C'est là ce que nous devons trouver si nous voulons posséder des éléments positifs pour arriver à comprendre comment l'excitation est reliée à l'impression et celle-ci à la sensation. C'est ainsi que les lois de Kepler ont mis Newton sur la voie de la théorie de l'attraction.

Weber, le premier, et, après lui, Fechner, ont cherché la relation qui unit la sensation à l'excitation. Notons seulement qu'ils entendent par excitation la cause extérieure agissante, c'est-à-dire la différence $p' - p$. Représentons-la par E. L'expérience a mis en lumière une loi remarquable : pour que la sensation reçoive un accroissement perceptible, il faut que l'excitation reçoive un accroissement toujours proportionnel à l'excitation primitive. Formulée mathématiquement, la loi s'énonce comme

suit : la sensation croît comme le logarithme de l'excitation, ou, en caractères algébriques :

$$s = \log E. \qquad (a)$$

On a vu, dans le travail précédent, que cette loi et cette formule sont sujettes à différents reproches, et que l'expérience et la théorie conduisent à accepter plutôt la formule suivante :

$$s = \log \frac{c + \delta}{c}, \qquad (b)$$

où c représente l'excitation physiologique, et δ l'excitation extérieure entendue dans le sens de Fechner.

En voici la traduction en langage vulgaire : pour que les accroissements dans la sensation soient égaux, les accroissements dans l'excitation doivent suivre une progression géométrique ascendante.

Cette correction a fait disparaître les difficultés mathématiques, et des expériences délicates se rapportant, il est vrai, uniquement aux sensations lumineuses, l'ont confirmée.

Restait une difficulté physiologique, concernant l'état de l'organe ; je l'ai levée au moyen d'une hypothèse. J'ai admis que l'organe avait à sa disposition une certaine masse m de sensibilité, masse que l'excitation vient épuiser (bien entendu quand la quantité soustraite dépasse le pouvoir réparateur de l'organe). Représentant par f le sentiment de fatigue qui accompagne l'épuisement, j'ai posé, *à priori*, la formule :

$$f = \log \frac{m}{m - \delta}, \qquad (c)$$

dont voici la signification en langage ordinaire :

pour que la fatigue reçoive des accroissements égaux, les accroissements d'excitation doivent suivre une progression géométrique descendante.

J'ai fait des expériences nombreuses pour vérifier cette formule. Bien que la méthode que j'ai suivie ne m'ait pas fourni des résultats concluants, on peut dire cependant qu'ils la confirment plutôt qu'ils ne l'infirment.

Une conséquence importante découle de la combinaison de ces deux formules : c'est quand l'excitation a une intensité égale à $\frac{m-c}{2}$ que la sensation est à son maximum de pureté ; ce résultat est dû à ce que, en deçà de cette valeur, l'importance de l'excitation physiologique c croît de plus en plus rapidement, et que, au delà, la fatigue vient corrompre la sensation et finit par la masquer complètement, au point que la sensation est remplacée par la douleur.

J'ai ensuite cherché à déterminer c. J'ai cru, dès le principe, que c était une constante ; puis je me suis aperçu que c'était une variable. J'ai ensuite pensé que ses variations étaient renfermées dans des limites assez resserrées, puis l'expérience m'a forcé d'admettre qu'il n'en était pas ainsi [1]. Cependant j'ai terminé mon travail avec la conviction que, pour l'œil, c était assez petit et comparable à l'éclat d'un carton blanc qu'éclaire une bougie placée entre 8 et 25 mètres de distance.

Quant à la quantité m, j'ai essayé d'en expliquer

[1] Voir *op. cit.*, pp. 31 et 32, et p. 91.

le rôle, et, malgré tous mes efforts, mon exposé n'a pas eu toute la clarté désirable, parce que sans doute il restait quelque obscurité dans mon esprit [1].

En méditant de nouveau ce sujet, j'ai été conduit à faire subir à l'interprétation des quantités c, m, et $\frac{m-c}{2}$ de profondes modifications, qui m'ont permis de présenter la loi du rapport de l'excitation à la sensation sous une forme nouvelle, *tout en laissant intacts les résultats expérimentaux aujourd'hui acquis;* de rattacher les phénomènes sensibles à une classe de phénomènes physiques très-nombreux; et de préciser la notion de sensation, en mettant à part et en classant sous une autre rubrique des phénomènes connexes qu'on range à tort parmi les sensations proprement dites.

Examen nouveau de la question. — Discussion des sensations de température. — Cependant toutes les difficultés théoriques et expérimentales étaient loin d'être résolues. En soumettant le problème à un examen plus attentif, je me suis aperçu que les formules s'appliquent assez bien aux sensations de lumière, de son, de pression, etc., mais qu'elles ne se prêtent pas aux sensations de température.

J'avais d'abord raisonné dans l'hypothèse que l'excitation physiologique c était constante; mais je n'avais pas tardé à voir qu'*elle* était variable; je crus ensuite que ses variations se renfermaient dans des limites restreintes, puis je dus reconnaître qu'elles

[1] Voir pp. 50, sqq.

étaient assez considérables ; je persistai néanmoins dans l'idée que c était petit par rapport à δ. Mais ces considérations, qui peuvent se justifier quand il s'agit de l'œil ou de l'oreille, c'est-à-dire quand c représente la quantité de lumière ou de son, fournie par l'excitation physiologique, quantité qu'on pouvait regarder comme très-faible, ne sont plus admissibles quand il s'agit de température. En effet, la chaleur de la peau est considérable par rapport aux légères différences de chaleur que nous pouvons percevoir ; et, de plus, il est patent que nous nous accommodons plus ou moins facilement à toutes les températures renfermées entre certaines limites, et que c, qui est égal approximativement à 18 degrés, peut tomber à 10 degrés ou monter à 30 degrés.

Enfin, que sont le chaud et le froid ? Est-ce que ce sont des agents différents ? Faut-il admettre un agent qui se nomme *chaleur* et un agent qui se nomme *froid?* ou bien faut-il faire δ tantôt positif, tantôt négatif? Mais même en accueillant de pareilles dérogations à la théorie générale qui sert de base aux formules, on n'a pas vaincu certaines autres difficultés. Ainsi une température déterminée peut me donner chaud ou froid suivant que je me suis accommodé à une température plus froide ou plus chaude. La même eau peut être jugée chaude par une main et froide par l'autre. Mais, en outre, il se produit, en fait de chaud ou de froid, un phénomène qui n'apparaît pas aussi visiblement quand on a affaire à d'autres agents : c'est au premier moment que la sensation est toujours la plus vive, et elle ne tarde pas à s'affaiblir, puis à disparaître. En dernier

lieu la sensation est à son maximum de pureté, ou, en d'autres termes, la sensibilité pour la température est la plus grande quand la chaleur s'approche de la chaleur normale de la peau; et comment concilier ce fait avec le résultat des formules qui place ce maximum aux environs de la température $\frac{m-c}{2}$? Il faut donc remanier toute la théorie.

Si dans la formule (b) on remplace c par T_0, température de la peau, et δ par $T-T_0$, T représentant la température du milieu ambiant, il vient :

$$s = \log \frac{T}{T_0}.$$

Le second membre de cette égalité est positif ou négatif suivant que T est plus grand ou plus petit que T_0; ce double signe répond aux sensations de chaud et de froid. Quand T est égal à T_0, la sensation est nulle, car le logarithme de l'unité est égal à zéro.

Quel que soit T, le corps finit par s'y accommoder, ce qu'on peut exprimer en disant que T_0 devient égal à T[1]. L'équilibre entre la température du corps et celle du milieu s'établit suivant les lois connues; cette circonstance explique pourquoi la sensation est plus vive à son début, et va en s'affaiblissant jusqu'à ce qu'elle s'éteigne.

[1] Cela n'est pas rigoureusement exact; la sensation de chaleur ou de froid est nulle quand la perte de chaleur pour le corps est constante; mais la nature du raisonnement ne m'interdit pas de m'exprimer comme je le fais ici.

Enfin, la faculté de s'accommoder au chaud et au froid, n'est pas illimitée; le chaud ou le froid peuvent être assez intenses pour amener notre désorganisation. Il y a donc une température qui nous est naturelle, qui nous convient le mieux. Sitôt que nous en sommes écartés à cause de celle du milieu ambiant, nous tendons à y revenir. Tout écart produit en nous *tension;* et le sentiment qui correspond à la tension est la fatigue, la peine ou la douleur. Quand, au contraire, nous sommes rappelés vers notre température naturelle, il y a relâchement, et nous éprouvons de la satisfaction, du contentement, du plaisir. Si A est le maximum de tension que nous puissions supporter (en d'autres termes, si c'est la quantité de *flexibilité*, de faculté d'accommodation que nous possédions, soit dans un sens, soit dans l'autre, c'est-à-dire vers le chaud ou le froid), en représentant par D la tension qui correspond à une sensation s, le sentiment de fatigue qui accompagne nécessairement la sensation sera donné par la formule

$$f = \log \frac{A}{A - D} \qquad (d)$$

qui n'est autre que la formule (c) transformée.

Cette théorie si rationnelle des sensations de température est celle de la sensibilité simple, et est parfaitement applicable à tous les sens.

Formule de la relation qui lie la sensation à l'excitation. — La science actuelle a ramené toutes les forces de la nature au mouvement; et elle a fait voir que les différentes sortes de mouvement peuvent se convertir les unes dans les autres;

c'est ainsi que le mouvement de transport peut se transformer en mouvement moléculaire (le travail en chaleur) et *vice versa*. Toute force capable de produire un travail peut s'évaluer en force de chute, c'est-à-dire être mesurée par le travail que produirait l'unité de masse tombant d'une certaine hauteur. Lorsque deux forces ne se font pas équilibre, on peut dire que la plus grande tombe sur la plus petite, et l'équilibre s'établit par la chute même. C'est ainsi que de deux bassins à niveaux inégaux mis en communication, le plus bas se remplit aux dépens du plus élevé.

Cela posé, soit p la force (ou le mouvement) de l'être sensible, p' celle du milieu ambiant, on voit que si, dans la formule (b), on remplace c par p et δ par $p' - p$, elle se transforme en la suivante :

$$s = \log \frac{p'}{p}. \qquad (c)$$

Cette formule, qui me paraît destinée à remplacer celle de Weber, constate d'abord une chose qui est en conformité avec les faits, c'est que nos sens sont des instruments différentiels ; que la sensation n'existe que pour autant qu'il y ait différence entre p et p', et qu'ainsi elle est due à un phénomène analogue à une rupture d'équilibre ; ensuite que l'excitation ne doit plus être représentée par $p' - p$, mais par $\log \frac{p'}{p}$, ce qui fait que la sensation est proportionnelle à la cause qui la provoque.

De cette conception et de cette formule découlent les trois lois de la sensation,

Première loi : loi de dégradation. — La sensation, à peine produite, s'affaiblit, parce que la différence des forces p' et p tend à devenir nulle. C'est un effet de la réaction de l'une sur l'autre. La sensation qui, à proprement parler, correspond à un mouvement, se transforme en un état sensible qui correspond au repos. On peut théoriquement formuler la loi de cette *dégradation* de la sensation. Il suffit de rechercher celle du rétablissement de l'équilibre.

On peut sans inconvénient — vu que c'est le plus souvent le cas — considérer p' comme restant sensiblement constant et p comme variable. Le raisonnement reste exactement le même si l'on fait la supposition inverse. Si j'entre dans une grande salle très chauffée, je ressens de la chaleur, et l'on peut dire que ma présence ne refroidit pas la température du milieu qui peut être considérée comme constante. Si, au contraire, je prends un clou froid dans ma main, c'est le clou qui se mettra à l'unisson de ma propre chaleur. Ces deux cas opposés sont soumis aux mêmes lois. Le troisième cas intermédiaire où p' et p varient tous deux, est un peu plus compliqué, mais la loi reste encore au fond identique.

Pour formuler la loi de la dégradation de la sensation, on doit imaginer qu'il y a chute de la force la plus considérable vers la plus faible qui va ainsi en grandissant, et que la vitesse de chute est proportionnelle à la différence de hauteur. C'est ainsi que, des deux bassins dont il vient d'être question, l'un se vide pendant que l'autre se remplit, et cela

avec d'autant plus de rapidité que la différence de niveau est plus grande.

Si nous supposons que la force la plus considérable p' reste constante, et que la force la plus faible, d'abord p_0, est devenue p après un temps t, on aura la relation [1] :

$$t = \log \frac{p' - p_0}{p' - p} \qquad (f)$$

Dans la fraction du second membre, le numérateur est constant et exprime la différence initiale, le dénominateur est variable, et l'on voit que le temps nécessaire pour que p augmente ou que la différence de p' à p diminue de *quantités égales*, est de plus en plus considérable à mesure que cet effet se produit. Donc la sensation va s'affaiblissant, mais l'affaiblissement est de moins en moins rapide.

A proprement parler, l'équilibre ne s'établit, c'est-à-dire p ne devient égal à p', qu'après un temps infini ; en d'autres termes, cela n'a jamais lieu. Une première impression laisse une empreinte qui va s'effaçant, mais ne disparaît jamais. C'est là une remarque de la plus haute importance, et que les

[1] Le calcul est très simple : la vitesse de chute a pour expression $\frac{d(p'-p)}{dt}$; et comme elle est proportionnelle à la hauteur, on a l'équation différentielle : $\frac{d(p'-p)}{dt} = k(p'-p)$; d'où l'on tire par intégration : $kt = \log(p'-p) + c$. Pour déterminer la constante c, on prend les conditions de l'état initial, et l'on pose que $t = o$, pour $p = p_0$; on a de cette façon : $c = \log(p' - p_0)$. Puis, par un choix convenable de l'unité, on fait $k = 1$.

faits viennent confirmer. On retrouve dans notre langage et nos mœurs actuels la trace du langage et des mœurs de nos ancêtres les Aryas. L'évolution de l'individu et de l'espèce n'a pas d'autre origine [1].

Cependant, pour ce qui va suivre, on doit se départir de cette rigueur mathématique absolue. Sans doute le bruit produit par un coup de fusil ne cesse pas, et se prolonge indéfiniment en continuant à s'affaiblir; mais, en se plaçant en dehors de la rigoureuse exactitude, et en appréciant le fait dans son aspect, on peut dire que le bruit cesse, et même après un temps assez court.

Deuxième loi : loi de progression. — A quelles conditions la sensation est-elle nulle, positive ou négative, et quelles règles déterminent les variations dans son intensité?

La sensation est nulle quand $p = p'$, ou quand la différence de p à p' est nulle; en effet, dans ce cas, la quantité $\log \frac{p'}{p}$ devient $\log \frac{p}{p}$ ou 0. L'être reste dans l'état de mouvement marqué par p; il est en équilibre avec le milieu ambiant. Si p' vient à changer, s'il devient, par exemple, plus grand que p, à ce moment l'être reçoit un choc, et la sensation se produit [2]. Il résiste au choc, mais, comme on

[1] Voir dans la *Revue philosophique* notre étude sur *le Sommeil et les Rêves*.

[2] La sensation n'arrive pas toujours à la conscience, ainsi qu'il sera montré plus loin, mais que, pour le moment, on ne tient pas compte de cette restriction.

vient de le dire, il cède peu à peu, et il finit, après un temps plus ou moins long, par obéir complètement à l'impulsion donnée; il atteint, sauf le cas de désorganisation qu'on examinera plus loin, un nouvel état d'équilibre. En d'autres termes, p finit par devenir égal à p', et la sensation par redevenir nulle. A la sensation variable se substitue un état sensible, en soi susceptible de devenir permanent.

Si, maintenant que la sensation est $s' = \log \frac{p'}{p'} = 0$, nous voulons qu'une nouvelle sensation apparaisse dans le même sens, il faut que p' devienne plus grand, soit p''; alors la sensation éprouvée sera : $s' = \log \frac{p''}{p'}$; et elle finira à son tour par devenir nulle, lorsque p' aura égalé p''.

Si nous posons la condition $s = s'$, nous devrons avoir l'égalité $\frac{p'}{p} = \frac{p''}{p'}$, ou la proportion :

$$p : p' = p' : p'';$$

d'où l'on tire :

$$p'' - p' : p' - p = p' : p.$$

C'est là, à proprement parler, l'expression de la loi de Weber, à savoir que les accroissements des excitations, telles qu'il les entend, doivent être toujours dans le même rapport avec l'excitation primitive pour que la sensation croisse de quantités égales.

Exemple : si nous avons d'abord : $s = \log \frac{36}{27} = \log \frac{4}{3}$, quand s sera devenu égal à $\log \frac{36}{36} = 0$, pour obtenir une nouvelle sensation $s' = s$, nous devrons

poser : $s' = \log \frac{48}{36} = \log \frac{4}{3}$. L'excitation, qui était d'abord $36 - 27 = 9$, est maintenant $48 - 36 = 12$, c'est-à-dire plus considérable, et l'on a la proportion $12 : 9 = 26 : 37$, requise par la loi de Weber.

Supposons de nouveau que s' soit devenu nul, parce que 36 est devenu égal à 48; pour avoir une nouvelle sensation $s'' = s' = s$, il faudra que $s'' = \log \frac{64}{48} = \log \frac{4}{3}$, ce qui exige une nouvelle excitation $64 - 48 = 16$. On voit que les excitations 9, 12, 16 croissent suivant une progression géométrique dont la raison est $\frac{4}{3}$; ce qui est conforme à l'énoncé du Théorème II de notre *Étude psychophysique* (p. 45) :

« Pour des accroissements de sensation égaux, les accroissements d'excitation croissent en progression géométrique. La raison de cette progression est e^s. »

La loi de Weber et celle que nous lui avons substituée sont donc des corollaires renfermés dans la nouvelle formule.

Voilà une première série de sensations que nous appellerons *positives :* elles se produisent quand la différence entre la force interne et la force externe est à l'avantage de cette dernière. Les sensations seront appelées *négatives* dans le cas opposé.

Si, en effet, maintenant que p est devenu p'', on suppose que la cause $p'' - p'$ vienne à cesser, un phénomène nouveau, l'inverse du précédent, va se produire; la sensation représentée par $s = \log \frac{p''}{p''} = 0$, devient $s = \log \frac{p'}{p''}$, c'est-à-dire, une quantité négative.

C'est la sensation de froid qui succède à celle de chaud — la sensation que fait éprouver une diminution de pression — c'est pour l'œil, la sensation d'obscurité ou mieux d'offusquement qui succède à celle de lumière constante = c'est celle qu'une oreille habituée à un bruit continu au point de ne plus l'entendre, éprouverait lorsqu'il viendrait à cesser [1].

Nous pouvons de même, quand p'' sera devenu égal à p' et que la sensation sera nulle, introduire une nouvelle sensation négative en faisant p' égal à p; et nous pouvons continuer dans le même sens en mettant l'excès de force du côté de la cause interne [2].

[1] C'est par là que s'explique sans doute le sentiment de chaleur qu'on éprouve généralement quelques instants après s'être plongé dans l'eau froide. L'immersion a pour but de refouler le sang vers l'intérieur et de vider les vaisseaux de la périphérie. La peau se met en équilibre avec la température du liquide. Puis, par un effet de réaction, le sang revient dans les vaisseaux, mais sa température paraît extrêmement élevée par rapport à la température *momentanée* de la peau, et de là vient le sentiment de chaleur, bien que le thermomètre accuse plutôt un abaissement.

[2] Ce que nous disons ici n'est pas en contradiction avec la critique que nous avons faite des *sensations négatives* de Fechner, page 20. D'abord la sensation négative, telle que l'entend cet auteur, est produite par une excitation positive; pour nous, elle est le résultat d'une excitation négative. Ensuite les expressions *négative* et *positive* sont chez nous conventionnelles; on peut les renverser sans inconvénient, et elles correspondent à une différence *caractéristique* entre les phénomènes. Dans Fechner, l'interprétation était imaginée pour sortir d'une difficulté réelle, et au fond insurmontable.

Les sensations négatives obéissent à la même loi logarithmique.

Troisième loi : loi de tension. — L'être sensible est donc, ainsi que les autres êtres, doué de la faculté de se mettre en équilibre avec l'extérieur; mais, chez lui, si l'on pose la condition qu'il reste sensible, qu'il ne soit pas désorganisé, cette faculté d'accommodation a ses bornes dans les deux sens. Il y a, en d'autres termes, un *équilibre naturel* et un *équilibre* de tension. La position d'équilibre naturel d'une corde de violon est celle qu'elle prend naturellement sur l'instrument quand elle est abandonnée à elle-même; si on la maintient écartée de cette position, elle est dans un état d'équilibre de tension. Enfin, si la tension est trop forte, la corde se rompt.

Recherchons la loi de la tension. Comme on vient de le dire, il existe pour la quantité p un maximum et un minimum où la tension est extrême et touche à la rupture; et la faculté d'accommodation, la flexibilité de l'être sensible est déterminée en étendue par ces valeurs extrêmes de p. La tension est nulle, l'équilibre est naturel, quand $p = \frac{p \text{ min.} + p \text{ max.}}{2}$.

A mesure qu'il se produit des excitations soit positives, soit négatives, la tension augmente, la résistance s'accentue, et la flexibilité diminue. Cette tension, cette marche vers la rupture est accompagnée d'un sentiment d'épuisement, de douleur ou de fatigue, pour nous servir d'un mot général.

Si nous représentons par T la tension qui accom-

pagne l'excitation $\log \frac{p'}{p}$, et si A est le maximum de tension possible, la formule de la fatigue sera :

$$f = \log \frac{A}{A - T}. \qquad (g)$$

La fatigue va en grandissant de plus en plus rapidement à mesure que T devient plus grand, et elle tend vers l'infini quand il approche du maximum. Ce sentiment se mêle toujours à la sensation. Tantôt il est à peu près masqué par elle, c'est le cas le plus ordinaire; tantôt, quand il devient trop fort, il la masque à son tour; alors la sensation disparaît pour ainsi dire, et cède la place à la douleur.

On peut, entre certaines limites, se faire à la tension de même qu'à l'excitation; la tension prolongée affaiblit le ressort, et elle s'affaiblit à son tour; une corde de violon maintenue trop longtemps hors de sa position naturelle s'allonge. A mesure que l'on s'y accommode, la tension et le sentiment de fatigue qui lui correspond vont en diminuant, et ils finissent par devenir nuls; car la loi de dégradation qui s'applique à la sensation convient aussi à la tension et à la fatigue. De son côté, la faculté d'accommodation, gardant toujours le même point extrême, diminue en étendue; elle était représentée par A; elle ne l'est plus que par A — T, quantité que nous représenterons par A'. Ainsi quand on entre dans un bain trop chaud, on éprouve d'abord un sentiment de malaise qui accompagne nécessairement la sensation de température; ce sentiment de malaise ne tarde pas, sous certaines conditions, à disparaître; mais la faculté de s'accommoder au

chaud n'en reste pas moins diminuée de l'écart entre l'état naturel et l'état actuel.

C'est ce qu'exprime la formule $f = \log \frac{A}{A - T}$, lorsqu'on y fait $A = A - T = A'$, ce qui implique $T = 0$. On a dans ce cas :

$$f = \log \frac{A'}{A'} = 0.$$

Pour produire un nouvel accroissement de fatigue, il faudrait introduire une nouvelle tension T', et l'on aurait :

$$f' = \log \frac{A'}{A' - T'} = \frac{A'}{A''},$$

et de même :

$$f'' = \log \frac{A''}{A'' - T''},$$

et ainsi de suite.

Il ne serait pas difficile de démontrer, comme plus haut, que, si l'on pose la condition que $f = f' = f'' =$ etc., à savoir que les sentiments de fatigue soient égaux, il faut pour cela que T, T', T'', etc., forment une progression géométrique décroissante.

Ce résultat est en conformité avec l'énoncé du Théorème I de notre *Étude psychophysique* (p. 44) :

« Pour des accroissements de fatigue égaux, les accroissements de dépense décroissent en progression géométrique. »

L'effet contraire se produira, si l'excitation vient à diminuer ou à cesser. Alors on a :

$$f = \log \frac{A''}{A'' + T'}.$$

Le second nombre de cette équation est une quantité négative ; il exprime un sentiment contraire à la fatigue ou à la douleur, le sentiment du relâchement ou du plaisir. C'est ce sentiment qu'a éprouvé Socrate quand on lui a enlevé les liens qui serraient ses jambes, et qui lui a inspiré l'allégorie de cette chaîne unique formée de plaisir ou de douleur, de telle sorte que, si on la tire par un des bouts, on amène bientôt et immanquablement à soi l'autre bout. Ces sentiments sont liés intimement à ce que l'on nomme l'instinct de conservation.

Résumé. — Arrivé à ce point, résumons-nous. Nous avons expliqué ce que nous entendons par *équilibre*. L'*excitation* est une rupture d'équilibre, elle produit une impression sur l'animal. Le phénomène interne correspondant à l'impression est la *sensation ;* c'est donc l'effet sensible provenant d'une rupture d'équilibre. La sensation persiste tant que l'équilibre continue à être rompu, et elle cesse dès qu'il est rétabli. L'équilibre s'établit de deux façons, par l'augmentation du mouvement interne (effet de réaction) ou par la diminution du mouvement externe. Les sensations sont *positives* ou *négatives* suivant que c'est la force externe ou interne qui l'emporte. La sensation est accompagnée d'un *sentiment* de malaise ou de bien-être, de fatigue ou de relâchement, de douleur ou de plaisir, suivant que l'on se rapproche ou que l'on s'éloigne de la limite de l'épuisement total, ou que l'on s'éloigne ou se rapproche de la position d'*équilibre naturel.*

L'équilibre statique et l'équilibre dynamique. — La première loi, celle de la dégrada-

tion, est conforme à des faits d'observation journalière, mais l'expérience n'en a pas vérifié la formule mathématique. La seconde loi seule, celle de l'intensité, a été établie expérimentalement par Weber, Fechner et moi-même, pour divers ordres de sensations. La troisième loi enfin, celle de la tension, s'appuie aussi sur l'observation et en partie sur les expériences, seulement ces expériences ne sont pas suffisamment concluantes.

La première loi est fondée sur les notions d'*équilibre statique* et d'*équilibre dynamique*. Quand une force sollicite un corps, par exemple, quand une locomotive met en mouvement un convoi, pendant un certain temps le corps résiste, et, tant que la résistance dure, on dit qu'il y a équilibre dynamique. Quand la résistance est totalement vaincue, quand le corps a fini par obéir complètement à la force, par conséquent, dans notre exemple, quand le convoi a pris toute la vitesse qu'il est susceptible d'acquérir, alors il y a équilibre statique, et le corps pousse autant qu'il est poussé. En effet, si l'on ralentit le mouvement de la locomotive, elle recevra un choc.

Il en est de même de l'être sensible sollicité par une force extérieure : il éprouve une sensation tant qu'il y a résistance ou effort de sa part ; il n'en éprouve plus dès qu'il a atteint l'état d'équilibre statique.

Ainsi nous n'éprouvons aucune sensation de chaud ou de froid tant que nous sommes en équilibre avec la température du milieu ambiant. Il ne faut pas entendre ici par équilibre, l'égalité de tem-

pérature; c'est plutôt un équilibre physiologique, qui a lieu quand la perte de chaleur est devenue constante. Si nous nous plongeons dans un bain, nous pourrons éprouver une première sensation de froid ou de chaud; mais, sous certaines conditions, nous ne tardons pas à nous accommoder à la température de l'eau, et alors cesse pour nous, à proprement parler, toute sensation. La sensation ne reparaît que si l'on augmente ou diminue la chaleur du liquide. Il s'ensuit donc que la première sensation de chaud ou de froid est toujours la plus vive. C'est ce que tout le monde sait. Il ne faut pas croire non plus que, pour qu'il y ait équilibre, il est nécessaire que la température soit distribuée d'une manière égale et uniforme autour de l'être sensible. Je puis, par exemple, accommoder chacune de mes mains à une température différente; et, en généralisant, si l'on pouvait faire un bain composé de telle sorte que les portions d'eau qui toucheraient les différentes parties de mon corps eussent un degré de chaleur différent mais constant, on conçoit que je puisse m'adapter à un pareil milieu. C'est, du reste, ce qui a lieu actuellement dans une certaine mesure, puisque, par l'usage que nous faisons des vêtements, nous avons habitué certaines parties de notre corps à une température plus chaude ou plus froide. Ce qui paraîtra chaud à la figure semblera froid au dos.

Ce que nous venons de dire de la température s'applique à la pression. Si nous ne nous apercevons pas de la pression de l'atmosphère, si nous pouvons nous élever sur une haute montagne ou

descendre dans un puits de mine, ou au fond de la mer, c'est que nous pouvons nous accommoder plus ou moins à ces pressions si diverses; seulement, comme il sera dit plus loin, pour nous apercevoir d'une différence, il faut qu'elle soit introduite brusquement ou inégalement.

Après un peu de réflexion on voit que ces considérations s'appliquent aux sens de l'odorat et du goût. Nous nous habituons tellement bien aux odeurs que nous finissons par ne plus les sentir; c'est ce qui arrive aux chimistes, aux anatomistes, aux pharmaciens. Nous ne goûtons pas les liquides de la bouche quand leur altération dure depuis quelque temps. Un poisson d'eau douce qui entre dans la mer, aura probablement le goût du sel; mais s'il y prolonge son séjour, il finira sans doute par ne plus s'en apercevoir. Il est plus difficile de faire accepter qu'il doit en être ainsi de l'ouïe et de la vue. Or nous n'entendons pas les bruits, même intermittents, auxquels nous sommes habitués. Ainsi étant allé passer quelques jours de vacance dans une maison située à côté d'une cascade, il m'est arrivé, à la fin de mon séjour, de ne pas parvenir, malgré tous mes efforts, à entendre, une certaine nuit, le bruit de la chute; je crus qu'elle avait cessé de tomber, et ce n'est qu'en mettant la tête à la fenêtre pour l'apercevoir, que je me convainquis de mon erreur.

Combien de fois nous arrive-t-il, dans le silence de la nuit, de ne plus saisir le tic tac de la pendule, bien que ce soit là un bruit discontinu, et de nous demander si elle n'est pas arrêtée ? Il est à présumer

que, si nous nous trouvions pendant quelque temps sous l'influence d'un bruit continu et uniforme, nous finirions par être incapables de nous en apercevoir, même en y mettant la plus grande attention. Que de bruits se produisent peut-être à nos oreilles et que nous ne pouvons entendre ! C'est ainsi que nous ne nous apercevons pas du bruit d'une ville en pleine activité ; mais, si nous allons le matin nous promener à la campagne dans ses environs, nous entendrons parfaitement son réveil.

Quant à l'œil, plusieurs raisons s'opposent à ce qu'il s'accommode jamais à une lumière donnée : sa grande mobilité d'abord, le jeu des paupières et de l'iris ensuite. Mais je ne doute pas qu'un œil sans paupière entouré d'une surface d'un éclat uniforme n'aurait de sensation qu'au moment où une différence d'éclat viendrait à se produire.

Bien mieux, si l'œil est immobile, s'il ne peut promener son regard d'un point à un autre, la surface peut avoir des parties différentes d'éclat ou de couleur, la sensation sera quand même nulle, parce que les divers points de la rétine s'accommoderont, chacun à sa façon, au genre de lumière qui les affectera. L'œil sera, par rapport à cette surface lumineuse, ce que le corps immobile serait à l'égard d'un bain inégalement chauffé.

Voilà ce qu'il y a à dire pour bien faire saisir le sens de la seconde loi, et ce qu'il faut entendre par l'équilibre statique de la sensibilité, état caractérisé par l'absence de sensation.

L'équilibre naturel et l'équilibre de tension. — La troisième loi, la loi de la tension, a été,

croyons-nous, formulée pour la première fois d'une façon, il est vrai, implicite, dans notre *Étude psychophysique*. La loi dite d'épuisement ou de fatigue en exprime, pour ainsi dire, le côté psychique. Elle a donc été indirectement l'objet d'une vérification expérimentale.

Cette loi repose sur la notion de l'*équilibre naturel*, en tant qu'opposé à l'*équilibre de tension*. Nous admettons donc qu'il y a pour chacun de nos sens un état d'équilibre qui lui est naturel, qui lui convient le mieux, et vers lequel il tend à revenir quand il en est écarté.

Cette notion ne présente rien d'obscur quand il s'agit de la température ou de la pression. Il est évident qu'il y a une température et une pression qui nous mettent le plus à l'aise, et qu'il résulte pour nous un malaise plus ou moins considérable quand nous nous en écartons.

Il n'est pas difficile non plus de faire saisir quand il y a équilibre naturel de lumière; c'est quand la lumière fatigue le moins l'œil, quand elle lui est le plus favorable, quand elle lui permet d'apercevoir les plus petites différences. C'est ainsi qu'il faut une lumière déterminée, celle d'un ciel bien pur, pour apercevoir dans certaines photographies des Alpes les légers modelés de la neige sur les hautes cimes. Nous-même quand nous lisons ou que nous écrivons le soir, nous jugeons la flamme de la lampe trop vive ou trop blafarde; dans le premier cas, nous éprouvons un effet d'éblouissement; dans le second cas, un effet auquel je donne le nom d'offusquement.

S'agit-il de son, les écarts nous apparaissent le mieux dans les tonalités et les intensités moyennes.

Et il en est probablement de même du goût et de l'odorat; il y a telle composition des liquides qui baignent les muqueuses qui est le plus favorable à leur exercice.

De là résulte cette conséquence qu'un état déterminé du milieu ambiant peut provoquer deux genres de sensations opposées, suivant l'état antérieur. En entrant dans un milieu d'une température donnée, notre impression de chaud ou de froid dépendra de la température du milieu d'où nous sortons; une lumière est faible ou éclatante, suivant le degré de clarté de celle que l'on quitte.

Ainsi encore, quand on passe du silence au bruit, on peut dire que l'on éprouve une sensation positive; quand le bruit vient à diminuer ou à s'arrêter, on éprouve une sensation négative. C'est, d'un côté, le passage du repos au mouvement; de l'autre, celui du mouvement au repos.

De même sont opposés les effets qui résultent d'une augmentation ou d'une diminution de pression. Et, bien que la chose présente plus d'obscurité, rien n'empêche d'admettre que l'addition et la soustraction d'une même substance aux liquides de la bouche ou du nez, quand ils ne produisent plus de sensation, amènent deux goûts ou deux odeurs qu'on peut qualifier de contraires.

Lorsque la tension physique est à son maximum, il y a rupture : une barre élastique se casse si on la ploie avec excès; une brique s'écrase si elle est trop chargée; une corde finit par se rompre si on

lui attache des poids de plus en plus lourds; une bouteille éclate si la pression du liquide qu'elle contient devient trop considérable; une peau de vessie tendue sous laquelle on fait le vide, à un certain moment crève tout à coup. La sensibilité présente des phénomènes semblables. L'animal meurt, ou tout au moins ses organes des sens sont désorganisés, quand il est soumis à des excitations trop puissantes : la chaleur et la pression ne peuvent croître ni décroître indéfiniment sans compromettre son existence; la lumière, le bruit, et probablement les saveurs et les odeurs ne peuvent dépasser une certaine limite supérieure sans tuer les organes de la vision, de l'audition, etc.

La force extérieure non plus ne peut descendre au-dessous d'une certaine limite inférieure sans compromettre la sensibilité. Un animal plongé dans une obscurité absolue deviendra aveugle, ou, sinon lui, ses descendants; et de même il deviendra sourd si son oreille n'est jamais excitée. Remarquons toutefois à ce sujet que souvent nous pouvons rendre p', la force externe, aussi grande que nous voulons, mais qu'il ne nous est pas toujours loisible de faire p, la force interne, aussi petite que possible. Ceci n'a guère lieu que pour la pression (atmosphérique) et la température. Pour les autres activités, la vivacité de l'action physiologique s'y oppose, et ne peut être détruite qu'à la longue.

Le plaisir et la peine. — Il nous reste un dernier point à éclaircir. Nous avons parlé des sensations de chaud et de froid, des sensations d'éblouissement et d'offusquement; et nous aurions

pu parler des sensations de lourdeur, de pesanteur que nous éprouvons quand la pression diminue, de celle de légèreté quand elle augmente; des sensations d'assourdissement quand le bruit est trop fort, et de sourdine (pour nous servir d'un mot analogue à celui d'offusquement) quand le bruit est trop faible; et d'autres sensations analogues que pourraient éprouver le goût et l'odorat (le bon et le mauvais, le suave et le répugnant). Qui ne voit maintenant que ce ne sont pas là, à proprement parler, des *sensations*, mais des *sentiments* qui accompagnent les sensations? La température nous paraît froide ou chaude, suivant que la différence de température entre l'objet et nous est dans un sens ou dans l'autre. Nous avons le sentiment de l'augmentation ou de la diminution d'éclat soit dans la lumière, soit dans le son, suivant que l'on passe d'une excitation moins forte à une excitation plus forte ou réciproquement. Ces sentiments accompagnent donc les changements que subit notre faculté d'accommodation, et ils sont *agréables* ou *désagréables*, suivant que l'on se rapproche ou que l'on s'éloigne de l'état naturel. Quand on a trop chaud, il est agréable de s'exposer au frais; et, à l'inverse, quand on a froid, il est agréable de se chauffer. Si la lumière est éblouissante, une diminution de clarté est reçue avec plaisir; et si, au contraire, on est dans une obscurité fatigante, on aspire après l'éclat du jour. Le trop de tranquillité nous déplaît parfois autant qu'un bruit assourdissant — avec cette différence toutefois que nous pouvons remédier au silence; mais certains animaux muets peuvent ne pas

être dans ce cas. La peine est donc attachée à un certain degré de tension qui engendre le besoin ou le désir. Le plaisir résulte de la diminution de la tension, de la satisfaction du besoin ou du désir.

Le sentiment accompagnant toujours la sensation, mais, à la différence de celle-ci, étant de sa nature plus persistant, parce que la tension ne s'affaiblit qu'à la suite d'une modification lente de l'organisme, il est toujours possible de faire la part de ce qui revient à l'un ou à l'autre. Cette distinction n'est pas toujours facile, parce que le langage imparfait amène des confusions contre lesquelles on n'est pas en garde. L'homme, en effet, a d'abord imaginé des mots pour désigner ce qu'il voyait, et quand il a voulu marquer ce qu'il sentait, il a usé de métaphores. De là vient la pauvreté de son dictionnaire psychologique. Les mêmes mots lui servent à désigner des choses parfois bien différentes. Un exemple rendra notre idée saisissable.

Si l'on analyse les divers emplois des mots *chaud* et *froid*, on leur trouvera une grande variété de significations. Quand je dis de deux corps que *l'un est plus chaud*, et que *l'autre est plus froid*, j'exprime le résultat d'une comparaison, et je fais connaître grossièrement leur température *relative*. Si, prenant ma propre chaleur pour terme de comparaison, je trouve qu'*un corps est chaud* ou qu'*il est froid*, j'en évalue par là d'une manière approximative la température *absolue*. Le cas est un peu différent, mais analogue, quand la chaleur de comparaison est censée connue ; si je dis : *le four est trop chaud ou trop froid*, tout le monde me comprend : cela équi-

vaut d'une certaine façon à dire : *le four a tel nombre de degrés*. Dans tous ces cas, les mots *chaud* et *froid* appartiennent, si nous pouvons ainsi nous exprimer, au lexique de la *sensation*. Mais ils peuvent aussi faire partie du dictionnaire du *sentiment*. Les phrases : *j'ai chaud*, *j'ai froid*, marquent toujours que les impressions sont ou agréables ou désagréables. Si, en été, je dis de la boisson qu'*elle est chaude* ou *qu'elle est tiède*, j'exprime, non un jugement sur le degré de température, mais le sentiment d'un besoin non satisfait. Le cas est analogue si, en entrant dans un appartement, je m'écrie : *comme il est froid !*

Il en est tout à fait de même des mots *obscur* et *lumineux*, *fort* ou *faible*, *assez*, *trop* ou *trop peu*, etc., qui tantôt s'appliquent à la mesure des qualités de l'objet ; et tantôt à celle du plaisir et du déplaisir que j'éprouve. Il faut une grande attention pour ne pas se tromper dans l'appréciation de la valeur de ces termes, mais les phénomènes auxquels ils ont rapport n'en sont pas moins essentiellement différents.

Analogies entre les lois de la sensation et certaines lois physiques. — Pour avoir une intelligence complète des lois de la sensation, il est nécessaire de les rapprocher des lois semblables ou analogues régissant la nature physique.

La première loi a pour énoncé : la sensation, du moment où elle apparaît, va en s'affaiblissant et tend à s'annuler.

Cette loi est assimilable à la loi de refroidissement de Newton. La différence de température entre un corps et le milieu où il se trouve décroît avec le

temps, de telle sorte cependant que la décroissance est d'autant plus rapide que la différence est plus grande. C'est ainsi que la vitesse avec laquelle se vide un bief est d'autant plus grande que la différence de niveau entre le bief et le sas éclusé est plus considérable; par suite, la rapidité de chute va en diminuant [1]. Cette première loi montre donc que la sensation a pour cause une rupture d'équilibre.

La seconde loi, loi de progression, nous apprend que, pour produire des accroissements de sensation égaux, il faut que les accroissements de l'intensité de la cause extérieure (lumière, chaleur, bruit) croissent suivant une progression géométrique.

Cette loi est analogue, tant dans son esprit que dans sa formule, à la loi qui exprime le travail nécessaire pour amener la compression d'un gaz (à température constante). En effet, soit p la pression d'un gaz, le travail t, nécessaire pour lui donner la pression p', est exprimé par la formule $t = \log \frac{p'}{p}$; ou encore, soit v son volume, et v' le volume qu'on veut lui donner, le travail aura pour expression $t = \log \frac{v}{v'}$. Ainsi, plus un gaz est déjà com-

[1] Voici la mise en équation de la loi de Newton : Soit θ la différence de température, t le temps, k une constante, on a : $\frac{d\theta}{dt} = -k\theta$; c'est-à-dire que la vitesse de refroidissement est proportionnelle à la différence de température; de là, en intégrant : $t = k \log \frac{\Theta}{\theta}$, Θ étant la différence initiale, et θ la différence après le temps t.

primé, plus il est difficile de le comprimer davantage; en d'autres termes, le travail nécessaire pour en diminuer le volume de quantités égales croît de plus en plus rapidement à mesure que ce volume se réduit. On peut donc conclure de là que la sensation est proportionnelle au travail nécessaire pour produire l'impression. La cause de la sensation est donc probablement ce travail même.

La loi de la tension peut se formuler de la manière suivante : La faculté d'accommodation ou la flexibilité de l'organisme s'exerce entre deux limites extrêmes qui ne peuvent être dépassées sans que les forces organiques soient détruites.

Cette loi doit être au fond semblable, sinon identique, avec celle, encore inconnue, qui régit la résistance des forces moléculaires aux actions qui tendent à les détruire. Ces forces, comme on le sait, diminuent rapidement quand la distance des molécules augmente, et sont détruites quand cette distance atteint une certaine limite. On peut donc comparer l'organisme à un corps élastique dont les molécules sont susceptibles, dans une certaine mesure, de se disposer autrement, mais, abandonnées à elles-mêmes, reviennent à leur position d'équilibre.

Mesure de la sensibilité et causes de l'insensibilité. — Jusqu'à présent on a admis qu'une sensation correspondait à tout changement d'état sensible; nous savons qu'il n'en est pas ainsi. Toutes les modifications de l'état sensible n'arrivent pas à la conscience; il faut que le changement ait une certaine importance pour que cela ait lieu. En

d'autres termes, des causes très petites ne provoquent pas de sensations *distinctes*. Considérée à ce point de vue, la sensibilité, peut-on dire, est d'autant plus grande que le changement qui donne naissance à une sensation est petit. Ainsi la sensibilité pour la lumière est plus grande que la sensibilité pour le bruit. En effet, pour juger que deux éclats sont différents, il suffit que l'un l'emporte sur l'autre d'un centième; mais, pour énoncer un jugement semblable sur deux sons, l'écart doit être d'un tiers.

Mais ce n'est pas tout. Le milieu ambiant peut éprouver des variations dont l'être sensible est absolument incapable de s'apercevoir. Ainsi notre sensibilité ne peut nous apprendre si un morceau d'acier est aimanté ou non.

Cette insensibilité peut tenir à quatre causes. 1° Le *peu d'amplitude* des variations dans l'intensité de l'agent extérieur. Ainsi, la température restant à peu près constante, nous n'aurions certes pas des sensations de chaud ou de froid. C'est ce qui doit arriver, entre autres, aux êtres vivants qui habitent les grandes profondeurs des mers. 2° La *lenteur* de ces variations. Dans ce cas, l'être sensible s'accommode au changement pour ainsi dire à mesure qu'il se produit, et ainsi le rapport $\frac{p'}{p}$ ne parvient jamais à avoir une valeur suffisamment différente de l'unité. C'est pour cette raison que nous ne nous apercevons pas des changements qui se font dans les personnes de notre entourage, tandis que nous en serions frappés si nous les voyions à plusieurs années de

distance. C'est encore ce qui fait que nous ne remarquons pas que l'air se corrompt dans une société nombreuse; que nous ne pouvons suivre pas à pas la croissance ou la décroissance de l'éclat du jour. 3° La *trop grande flexibilité* de l'être sensible, c'est-à-dire sa trop grande facilité d'accommodation. Cette cause agit au fond de la même manière que la précédente. Il est clair que si le corps s'accommode instantanément au nouvel état, le même rapport $\frac{p'}{p}$ n'a pas le temps de différer de l'unité; c'est pour cette raison que, pendant l'ascension d'une montagne, on ne sent pas le changement de la pression atmosphérique. 4° Le *défaut de flexibilité*. Cette cause est la plus importante, à raison du rôle que je lui fais jouer dans la suite. Voici en deux mots sa portée. L'excitation extérieure est le plus souvent un mouvement vibratoire; si elle rencontre des éléments sensibles dont le mouvement vibratoire naturel est peu en harmonie avec le sien, elle ne parvient pas à les mettre en mouvement continu; il se produit des interférences, et au mouvement se substitue le repos. C'est ainsi qu'un sonneur maladroit ne parviendra pas à mettre une cloche en branle, parce qu'il tirera maintes fois à un instant inopportun de manière à arrêter le mouvement déjà imprimé. Pour qu'il y ait sensation distincte, il faut donc que le mouvement extérieur rencontre des éléments qui aient, par leur nature même, un mouvement harmonique, ou qui soient susceptibles de le prendre. Les organes des sens ne sont rien d'autre que des séries ou des faisceaux de pareils éléments. C'est

pourquoi le son n'agit pas sur la main, ni la lumière sur l'oreille.

Pour que donc la sensation ait lieu, il faut que l'impression ait une certaine importance; mais il faut encore un organe de sens. Au changement physique, en effet, correspond bien un nouvel état sensible; mais la sensation n'est pas identique avec cet état; elle répond à la variation même, c'est-à-dire au changement en tant que *se faisant*, et non en tant que *fait*. Or, le changement comprend deux termes, le présent et le passé, et l'être sensible doit les saisir *en même temps* pour sentir. On va voir que l'organe des sens est la condition de la possibilité d'une pareille comparaison.

CHAPITRE DEUXIÈME.

L'organisme simple.

Organisme homogène. — Nous avons jusqu'à présent étudié la sensibilité d'une manière abstraite dans ses lois : nous allons maintenant la considérer en action, dans ses manifestations chez les êtres sensibles. On doit, pour cela, partir de l'idée de l'être sensible le plus élémentaire qui se puisse concevoir. Cet être élémentaire, c'est l'être homogène, parfaitement sphérique, sans partie différenciée. A proprement parler, l'organisme homogène n'est pas un organisme. Il ne peut avoir d'existence réelle. C'est une pure conception théorique. Si nous supposons cette masse sensible placée dans un mi-

lieu homogène, ou, ce qui revient au même, dans un milieu qui varie d'une manière uniforme concentriquement autour de cette masse, elle pourra éprouver un sentiment de tension plus ou moins marqué suivant que l'état du milieu ambiant l'éloigne plus ou moins de son équilibre naturel, mais c'est là tout. Elle n'aura pas de sensation, car, comme on va bientôt le voir, elle ne peut ressentir le *changement*, elle ne sent que son état *présent*. Elle n'aura pas de perception tant que le milieu ambiant reste homogène, puisque, quand elle se meut, rien n'est changé autour d'elle. On peut assez bien se rendre compte d'une pareille existence en s'imaginant que toutes les actions extérieures se ramènent à une pression du même genre que la pression atmosphérique, et que notre sensibilité se réduit à la faculté de la ressentir. Nous serions dans ce cas simplement dans un état ou d'indifférence ou de malaise.

Organisme à organe de sens adventice. — Il n'en est plus de même du moment où le milieu ambiant est hétérogène, et que son centre d'action ne coïncide plus avec le centre de la masse sensible. Car celle-ci sera d'*abord* modifiée sur le point de sa surface dirigé vers le foyer actif. Pour se représenter la chose, on peut se figurer que la sensibilité soit réduite à la faculté de sentir la chaleur, et que toutes les forces du milieu sont calorifiques. On sera d'abord échauffé du côté tourné vers la source de chaleur. Ce côté sera pendant quelques instants le siége unique de la sensibilité, puisque c'est en lui que se fera, avant tous les

autres, la rupture d'équilibre ; il sera *organe*, mais organe *adventice* et *instantané* de sensation. Et comme tantôt un lieu, tantôt un autre, sera appelé à remplir cet office, on peut dire en thèse générale que *le corps de l'animal sera un champ perpétuel d'organes instantanés de sensations.*

C'est à la condition que la substance sensible soit *différenciée* qu'il peut y avoir sensation, et par suite *sens;* car alors l'animal perçoit non plus seulement le présent, mais à la fois le présent, dans l'organe, et le passé, dans le reste du corps non encore soumis à l'action du foyer. Il aura plus chaud ou plus froid dans l'organe avant d'éprouver un effet général. Il connaîtra ainsi le *signe* du changement, c'est-à-dire il saura si la chaleur est *en plus* ou *en moins ;* et comme il éprouvera en outre un sentiment inévitable de plaisir et de peine, il saura dans quel sens la température extérieure l'affecte par rapport à la position de l'équilibre naturel ; il se dira *il fait chaud*, ou *il fait froid;* il pourra porter un jugement plus ou moins grossier sur la température *absolue* de l'extérieur ; il aura, par conséquent, une *sensation* dans le sens que nous avons défini plus haut (p. 189 et suivantes).

L'organe adventice est donc ce qui rend la sensation possible : *il est la condition du sens adventice*, c'est-à-dire *de la faculté de recevoir d'une manière différenciée les changements extérieurs différenciés.*

De plus, l'état de l'organe donnant la mesure du présent pendant que le reste du corps continue à être enseveli dans le passé, la comparaison du présent et du passé est non seulement possible, mais

spontanée et constitutive. Un nouveau changement s'introduisant, il pourra apprécier la température *relative* des deux termes ; il pourra dire : *il fait plus chaud*, ou *il fait plus froid*. Grâce donc à l'organe de sens adventice, l'existence de l'animal constitue un tissu ininterrompu où chaque moment figure relié à celui qui le précède et à celui qui le suit ; l'organe est la chaîne de l'*association des impressions*, la condition de l'*individualité psychique permanente* de l'animal.

Ce n'est pas tout : c'est par l'organe que l'animal est averti des changements qui se passent à l'extérieur ; c'est par lui qu'il devinera si ce changement sera agréable ou désagréable ; c'est grâce à lui qu'il pourra fuir ou éviter le danger, avant qu'il soit trop tard, avant que la désorganisation soit générale. C'est ainsi que, si je suis dans un bain, je m'apercevrai à temps, grâce à la formation d'un organe adventice de température, de l'arrivée en excès de l'eau chaude ou de l'eau froide, et que je pourrai fermer le robinet avant que je sois brûlé ou glacé. L'organe est donc *un produit dont la fonction est intimement liée à ce que l'on nomme l'instinct de conservation, et qui avertit à temps du plaisir et de la douleur*.

Enfin, comme on le voit encore, l'organe est un *instrument temporaire d'expérience*. Grâce à la confiance que j'ai dans sa formation instantanée, je pourrai, par exemple, si je suis plongé dans des eaux où jaillissent par-ci par-là des sources chaudes ou froides, explorer le milieu où je me trouve et m'arrêter à temps dans une voie dangereuse ; tantôt

la main, tantôt le pied, tantôt le flanc, serviront d'instruments d'expérience, et chacun, une fois son rôle fini, résilie ses fonctions et les passe à un autre.

Telles sont les particularités que renferme la vie de l'animal rudimentaire, n'ayant pas d'organes différenciés, et ne jouissant que d'une différenciation adventice. Beaucoup d'infusoires, et notamment les monères, ne présentent que ce degré d'animalité.

Nous allons procéder à l'examen du cas le plus compliqué que puisse offrir un organisme doué de la sensibilité simple : c'est celui que présente l'animal doué d'un *organe permanent.*

Organisme à organe de sens permanent. — La sensation est donc due à une action différenciée sur la substance sensible. Jusqu'à présent cette différenciation est adventice, et elle est due à une différenciation extérieure. Supposons que, pour une raison quelconque, un endroit du corps soit plus souvent appelé à servir d'organe de sens adventice, il se transformera en organe de sens *permanent*, c'est-à-dire qu'il sera doué à titre perpétuel d'une sensibilité plus délicate, et différenciera dans l'être l'action de l'extérieur, même non différenciée. Ainsi, si un point de mon corps était particulièrement sensible à la chaleur, en supposant qu'on élève ou qu'on abaisse la température du bain où je suis plongé, je ressentirais le changement tout d'abord par l'organe, quand bien même le changement aurait été parfaitement uniforme. L'organe permanent est donc une *cause subjective de différenciation ;* c'est la condition *du sens permanent*, c'est-à-dire *de la faculté*

de recevoir d'une manière différenciée les changements extérieurs même non différenciés.

Rien de plus facile que de se représenter l'état physique, psychique et intellectuel de l'animal doué d'un organe permanent. On n'a pour cela qu'à se figurer que les causes extérieures sont toutes ramenées au mouvement de transport, et notre sensibilité à celle de percevoir les chocs. Au surplus, toute action extérieure peut, en dernière analyse, se ramener à un choc. Pour plus de simplicité, qu'on admette encore que la sensibilité soit uniformément répartie sur tout le corps, sauf vers un seul endroit où elle soit plus délicate ; en d'autres termes, imaginons que nous n'ayons que le sens du toucher, et que la sensibilité soit accumulée à l'extrémité d'un bras unique. Il se produira sur tout le reste du corps des *organes adventices*, qui avertiront des changements survenant dans le mouvement extérieur. Mais quand il s'agira d'apprécier plus exactement la nature et l'importance d'un de ces changements, nous disposerons notre *organe permanent* dans sa direction, et c'est par lui de préférence que nous explorerons le milieu ambiant, puisqu'il percevra d'une manière distinctive les plus petites différences. C'est ainsi que, quand nous marchons dans l'obscurité, nous mettons les mains en avant, ou nous avançons le pied avec précaution pour étudier le terrain. L'*organe permanent* sera l'*instrument constant* de nos expériences; et il acquerra à cet égard une *aptitude* spéciale. Outre donc toutes les propriétés que nous avons reconnues à l'organe adventice, et qui appartiennent à plus forte

raison à l'organe permanent, il a encore celle de relier l'expérience actuelle aux expériences passées, il est le *lien de l'association des expériences*.

L'organe adventice, disions-nous, une fois sa mission terminée, cède la place à d'autres; mais l'organe permanent, lui, est presque toujours en scène; il s'exerce, se perfectionne, devient de plus en plus habile, et donne des renseignements de plus en plus précis et fidèles. L'organe adventice n'est qu'une sentinelle qui sait crier: Qui-vive! L'organe permanent est un éclaireur qui va en avant, sonde le terrain, va s'assurer de la présence d'un butin ou d'un ennemi, et vient rendre compte au quartier-général du résultat de ses explorations. L'organe permanent est donc encore un instrument de perfectionnement pour l'animal qui en est doué; il lui permet d'*acquérir des connaissances*, il est l'origine de ses progrès intellectuels; il est, en dernière analyse, comme nous le verrons plus tard, la cause première de l'évolution de l'espèce.

Comment se fait cette transformation de l'adventice en permanent? Il a été dit plus haut que l'agent extérieur peut être considéré comme animé d'un mouvement vibratoire qui vient contrarier celui des molécules sensibles. Pour qu'il y ait sensation, il faut que celles-ci opposent une certaine résistance avant de céder à l'extérieur; en d'autres termes, il faut qu'elles ne se laissent pas pénétrer instantanément par lui à la façon du fer doux qui s'aimante immédiatement sous l'action d'un courant électrique. Cette résistance provient d'une certaine inaptitude de la part des molécules à vibrer en harmonie avec

l'extérieur. La résistance vaincue, il y a eu des forces moléculaires, sinon détruites, au moins affaiblies, et, en vertu de la première loi de la sensation, il restera une trace plus ou moins profonde de cet affaiblissement. Sans doute, si cette même activité extérieure ne vient plus agir de nouveau sur ces mêmes molécules, elles tendent à reprendre leur mouvement naturel. Mais les choses se passeront tout autrement si elles subissent à plusieurs reprises cette même action. Dans ce cas, elles perdront peu à peu leur aptitude à reprendre leur mouvement naturel, et s'identifieront de plus en plus avec celui qui leur est imprimé, au point qu'il leur deviendra naturel à son tour et que, plus tard, elles obéiront à la moindre cause qui les mettra en branle.

Résumé. — Telle est la psychophysique des animaux inférieurs. En résumé, l'animal, dans son premier état d'organisme homogène, peut être assimilé à une sphère dont les parois, de texture homogène, renferment une substance élastique qui les tend. Le degré de tension d'une pareille sphère est en proportion de la pression atmosphérique et de la température. Si la pression est locale, comme elle le serait sous l'action d'un doigt, la sphère se déformera, et le point déprimé sera un organe adventice. Mais si l'on suppose que ce point est plus mince ou plus épais que le reste de l'enveloppe, il constituera un organe permanent, qui, en se déprimant ou en ressortant au moindre changement de température ou de pression, en avertira l'animal.

Nous n'avons plus maintenant qu'une double tâche

à remplir, c'est de montrer par l'analogie que la définition que nous avons donnée de l'organe permanent, s'applique à chacun de nos organes pris isolément, et de justifier notre théorie sur sa formation par une vue sommaire de l'ensemble des faits généraux.

Fonction des organes de sens. — On peut établir que tout organe de sens rentre dans cette définition, à savoir que c'est un endroit du corps doué d'une sensibilité plus délicate et différenciant, par suite, l'action de l'extérieur sur l'organisme.

A commencer par le sens de température : il ne semble pas que nous ayons un thermorgane, si l'on peut se servir de ce mot; le thermorgane est adventice[1]. Mais si nous songeons à la pression, outre des organes adventices qui se forment instantanément, comme, par exemple, quand le vent souffle (auquel cas l'organe est l'endroit du corps qui reçoit le vent), nous possédons des organes permanents, tels que la peau des parties saillantes du corps, et notamment celle du dos de la main, où l'on ressent vivement les pressions les plus légères. Aussi, quand nous voulons nous assurer qu'il pleut, nous étendons le dos de la main vers le ciel. Les bouts des doigts jouissent aussi, à cet égard, d'une grande délicatesse de sensibilité, ainsi que la paume de la

[1] Il y aurait peut être une exception à faire pour le bout de la langue. Il saisit, en effet, *bien plus vite* que le doigt si, par exemple, une boisson est trop chaude. Il est possible et même probable qu'il doit cette faculté à l'habitude que nous avons prise de chauffer nos aliments.

main : c'est pourquoi, quand nous marchons dans l'obscurité, nous mettons les mains en avant ou nous avançons le pied avec précaution pour être avertis des obstacles.

Mais, dira-t-on, n'y a-t-il pas des organes de sens, tels que ceux du goût, de l'ouïe, de l'odorat, de la vue, auxquels cette définition ne s'applique pas, attendu que les sens dont ils sont les instruments ne semblent, en aucune façon, appartenir au reste du corps?

D'abord, il ressort de ce qui précède que tout changement dans l'intensité de l'action extérieure entraîne nécessairement une modification de l'état sensible; seulement, elle peut ne pas être accompagnée d'une sensation distincte, en vertu de l'une des quatre causes énoncées plus haut. Mais on doit admettre que ce changement peut être assez considérable et peut être introduit assez brusquement pour que la modification interne donne lieu à une sensation — si, bien entendu, la modification est différenciée par un organe de sens adventice ou permanent.

L'observation confirme, à cet égard, la théorie. Ainsi, quand une lourde charrette ébranle dans sa marche le sol et les maisons, les trépidations sont ressenties par le corps; si une grosse cloche résonne, la main, en la touchant, sentira les vibrations du métal; mais ces mêmes vibrations, transmises à l'air, ne sont plus perçues que par l'oreille. L'oreille est donc un endroit qui est sensible à des vibrations que le reste du corps ne ressent pas assez vivement. Si, pendant que je suis dans un bain, on y ajoute

du sel, je ne m'apercevrai probablement pas de cette addition, à moins que je n'aie quelque part une écorchure; or, le fond de l'arrière-gorge joue le rôle de cette écorchure supposée. L'odorat remplit un office analogue; et l'œil lui-même a pour fonction de distinguer des différences d'éclat auxquelles le reste du corps est pour ainsi dire tout à fait insensible. Mais il ne faut pas croire que les êtres aveugles n'éprouvent absolument rien quand ils passent de l'obscurité à la lumière, et *vice-versa*. Les animaux privés d'yeux qui vivent dans l'obscurité savent très bien fuir l'éclat du jour, et ceux qui vivent à la lumière savent la chercher et même semblent affectionner certaines couleurs.

L'organe de sens a donc essentiellement pour fonction de nous avertir des changements qui se produisent dans le milieu ambiant, en les ressentant quand ils sont encore faibles ou éloignés, ou restreints. L'oreille me prévient de l'arrivée de la charrette avant que mon corps éprouve les trépidations du sol ou en reçoive un choc; l'œil me renseigne de loin sur la présence des corps; l'odorat est un goût précurseur, et le goût lui-même expérimente sur de petites portions les substances à ingérer.

Formation et position des organes des sens. — Ces considérations expliquent la position des organes de sens dans le corps. Ainsi, chez un animal immobile, ils seront en général tournés vers les points les plus exposés aux chocs; s'il doit avoir un œil, ce sera le côté tourné vers la lumière qui en sera doué. Si l'animal est mobile et se meut

de préférence dans une direction déterminée, les organes seront accumulés vers l'avant. Et comme la terre ne présente en général de différence caractérisée que dans le sens vertical, à cause de l'opposition tranchée du sol et du ciel, on a ainsi l'explication de la prédominance chez les animaux d'une conformation bilatéralement symétrique.

Darwin est donc trop catégorique quand il dit (Origine des espèces, 6e éd., chap. XIV, *Morphologie*; p. 577 de la traduction de Moulinié) : « Nous n'avons pas à considérer comment les corps de quelques animaux se sont primitivement divisés en séries de segments, ou en côtés droit et gauche, avec des organes correspondants, car ces questions dépassent la limite de toute investigation possible. »

S'il se meut, enfin, suivant plusieurs axes, les organes de sens seront placés en rayonnant suivant ces axes. C'est pour cela encore que l'organe du goût est en général situé à l'entrée des voies digestives, et celui de l'odorat à l'entrée des voies respiratoires. Enfin par là, et en même temps par les lois de la sélection naturelle en vertu desquelles le plus apte est appelé à survivre, on se rend compte de ce fait que les organes destinés surtout à pressentir les chocs sont généralement placés à l'extrémité de bras, d'antennes ou de pédoncules quelconques.

Il pourra se faire cependant que l'organe sensible se développe par un procédé inverse, c'est-à-dire, que la partie la plus exposée s'endurcisse au contraire. C'est ce qui aura lieu si les chocs habituels sont violents, et si l'être n'a pas la faculté de les éviter. Cette partie pourra se corner ou se recouvrir

d'une carapace. Telle est la peau de la plante des pieds, et notamment celle du talon de l'homme ; telle est l'origine des sabots du cheval, des cornes des ruminants, du test des mollusques et des crustacés, et, en général, de toutes les couvertures préservatrices. Dans ce cas, la différenciation ne se fait plus par l'exaltation de la sensibilité sur le point le plus exposé, mais par soustraction. Le résultat est au fond le même.

Quelquefois les deux buts sont atteints du même coup, c'est-à-dire que la sensibilité est à la fois abritée et affinée. C'est le double service que nous rend notre chevelure, ainsi qu'on va le voir.

Quant au mécanisme de la sensibilité de l'organe, c'est une question de physiologie, de physique et de chimie. Donnons-en cependant un exemple. Nous avons dit que les parties saillantes de notre corps et notamment le dos de la main sont sensibles à des pressions excessivement légères. Or, ces parties sont en général garnies de poils hérissés qui font l'office de leviers et multiplient l'action à la façon des moustaches des chats. C'est pourquoi le contact d'un cheveu, qui n'est pas senti quand il se produit sur le dos de la main là où il n'y a pas de poil, est perçu très nettement du moment qu'il les rencontre. La chevelure, tout en préservant le crâne, sert donc à activer sa sensibilité. Il en est ainsi des poils des animaux.

Telle est la théorie de la sensibilité simple et de l'organisme simple. Elle nous permet de nous rendre compte de toutes les organisations rudimentaires, comme il s'en rencontre parmi les organismes inférieurs.

CHAPITRE TROISIÈME.

La sensibilité et l'organisme composés.

La qualité de la sensation. — La formule de la sensibilité composée comprend plusieurs termes (Voir p. 163); mais le problème est résolu en principe dès qu'on a déterminé les caractères d'une formule de deux termes. L'addition de beaucoup de nombres n'offre pas plus de difficultés que l'addition de deux. Examinons donc les états sensibles exprimés par la formule $a\mathrm{A} + b\mathrm{B}$. Comme nous l'avons dit au commencement du chapitre premier, outre l'élément quantitatif désigné par a et b, il y a maintenant à tenir compte de l'élément qualitatif symbolisé en A et B.

Il n'est pas difficile d'appliquer au cas nouveau les principes que nous venons de développer. Pour que l'agent extérieur de qualité B amène une modification *sentie* dans l'être déjà affecté par l'agent de qualité A, il faut deux conditions.

La première, c'est que cette modification soit assez forte pour se détacher d'une façon distincte sur le fond sensible marqué $a\mathrm{A} + b\mathrm{B}$, c'est-à-dire, il faut que l'écart entre b et b' soit suffisamment grand.

Cette condition n'est qu'une extension de la théorie du rapport minimum. De même qu'il y a des variations du rapport $\frac{a'}{a}$ qui ne sont pas perçues parce qu'elles ne sont pas assez importantes en regard de a, on conçoit qu'une variation même d'une

autre nature doive avoir aussi une certaine vivacité pour se détacher nettement sur le fond sensible exprimé par *a*. C'est ainsi que, si vous êtes absorbé dans l'audition d'un morceau de musique, vous pouvez ne pas vous apercevoir que la salle se refroidit. Si vous avez mal aux dents, rien ne vous intéresse, ne vous distrait; et, pour employer un exemple trivial, si vous vous brûlez en mangeant une soupe trop chaude, vous ne goûtez plus la soupe. C'est ainsi encore que, si deux de nos doigts sont pincés, nous ne sentons la compression que là où elle est la plus forte. Il n'est donc pas possible, à proprement parler, d'éprouver deux sensations à la fois, fussent-elles de nature différente, car l'attention est toujours attirée par celle qui ressort davantage. Si l'on s'imagine parfois pouvoir, par exemple, voir et entendre à la fois, c'est que l'attention passe d'une sensation à l'autre avec une grande rapidité. Ainsi, au moment où j'écris, j'entends un chien aboyer au loin; mais chaque fois que j'*écoute* le chien, je ne *regarde* plus le papier et réciproquement; et la sensation qui se met à l'arrière-plan sert uniquement de fond sensible pour celle qui est à l'avant-plan.

La seconde condition, c'est qu'il y ait à côté de l'organe (adventice ou permanent) répondant à A, un organe, adventice ou permanent, propre à recevoir, d'une manière différenciée, les changements dans les intensités successives de B.

La naissance de ce second organe s'explique de la même façon que celle du premier, ainsi que sa transformation d'adventice en permanent.

La spécificité des organes de sens. — Il vient d'être montré comment la qualité de l'agent extérieur provoque dans l'organisme la formation d'un organe qui répond à cette qualité. Il reste à faire voir comment l'organe se *spécifie* de manière à ne plus être capable que de donner une même espèce de sensation, quelle que soit la cause qui vienne l'ébranler. Chacun sait que l'organe visuel fournit toujours des sensations de lumière, soit qu'il éprouve un choc, soit qu'on le presse, qu'on le tiraille ou qu'on l'électrise. C'est au point que, si l'on pouvait souder le nerf acoustique au nerf optique, l'œil verrait le tonnerre et l'oreille entendrait l'éclair.

Pour fixer les idées, imaginons qu'une onde (sonore), dont les molécules exécutent mille vibrations à la seconde, vienne frapper l'être sensible. On sait que, pour qu'il y ait sensation, il faut, entre autres conditions, que cette onde rencontre dans l'être sensible des molécules susceptibles de prendre le même mouvement vibratoire, sans quoi son action se résoudra en interférences. Or, des molécules du corps les unes ont, je suppose, un mouvement naturel de 1000 à la seconde, les autres de 950 et plus, les autres de 700. On voit ce qui va se produire : l'onde va ébranler celles de la première espèce, ne parviendra pas à mettre celles de la dernière espèce en mouvement continu, parce que la vibration commencée sera tout de suite arrêtée par la vibration suivante; enfin les deuxièmes se mettront à vibrer, quoique avec une certaine difficulté, parce que l'opposition qu'elles feront au mouvement extérieur ne sera pas assez forte pour

l'arrêter. L'onde se propagera donc dans l'organisme sensible, suivant la ligne à laquelle Herbert Spencer a donné le nom de « ligne de moindre résistance ». Les résistances vaincues sont en partie brisées (première loi), de sorte que l'onde se propage de plus en plus facilement le long de cette ligne, et qu'à la fin cette ligne elle-même finit par prendre naturellement ce mouvement vibratoire dès que la première molécule est en branle [1]. C'est ainsi qu'une corde de violon tendue d'une certaine manière ne peut rendre qu'un son. C'est pour une raison analogue que les instruments de musique s'améliorent avec le temps quand ils sont entre les mains d'artistes habiles, mais qu'ils se détériorent, au contraire, dès que ceux qui en jouent habituellement sont dépourvus d'oreille.

Formation hypothétique d'un sens magnétique et d'un sens polaire. — Pour bien nous rendre compte du chemin parcouru, recherchons à quelles conditions nous pourrions être doués de sens nouveaux.

Commençons par le sens magnétique. Certainement je ne perçois actuellement la force magnétique que sous la forme d'une action générale; pour l'une au moins des cinq raisons que nous avons fait connaître, les changements dans l'intensité de cette

[1] Ce phénomène est tout à fait assimilable à l'aimantation d'une barre d'acier à l'aide d'un courant électrique. Le courant vainc des résistances, et les résistances, une fois vaincues, ne se représentent plus. Le fer doux ne s'aimante pas d'une manière permanente parce qu'il n'offre aucune résistance.

force ne se manifestent pas à moi d'une manière assez énergique, assez distincte pour que j'en aie une conscience immédiate; mais cela ne veut pas dire que je ne la ressente pas. C'est ainsi qu'en physique, après avoir cru quelque temps que l'aimant n'agissait que sur le fer, on n'a pas tardé à constater son influence sur les gaz et les flammes, les liquides et les solides. La métallothérapie nous a, à cet égard, révélé des modifications de la sensibilité qu'*à priori* nous serions tentés de révoquer en doute. Une première condition pour que je possède le sens magnétique, c'est que je sois constitué de façon à ressentir distinctement l'effet de la présence d'un aimant, de sorte que, l'aimant enlevé, je remarque un changement dans mon état sensible sous forme de sentiment de bien-être ou de malaise (comparez le chaud et le froid). Or, il ne paraît pas douteux que la difficulté d'obtenir un pareil effet tient à celle de construire des aimants suffisamment puissants. La seconde condition, c'est que j'aie à mon service un organe de sens permanent, ou qu'il se forme en moi instantanément un organe adventice capable de percevoir spécialement des actions magnétiques. Cet organe me sera fourni du moment qu'un endroit de ma surface sera d'une manière momentanée ou permanente spécialement sensible à la présence de l'aimant; et cela aura lieu quand le nombre des molécules mises en un état vibratoire particulier sera suffisant pour que l'état sensible résultant se détache sur le fond sensible général. Cet endroit dès lors m'avertira à l'avance de la présence de ce corps, il pressentira

le même aimant de plus loin, ou il décèlera la présence d'aimants moins forts. Il pourra, surtout s'il est permanent, me servir à explorer le champ magnétique, en pivotant sur moi-même; ou, mieux encore si, placé à l'extrémité d'une espèce de bras, je puis le faire manœuvrer autour de moi dans l'espace.

Passons maintenant à la création du sens de l'orientation ou, en en d'autres termes, du sens polaire. Par suite du mouvement de rotation de la Terre sur son axe, un corps quelconque est influencé par la position qu'occupe un de ses plans supposé fixe, par rapport au méridien. Le gyroscope et le pendule Foucault sont une application ingénieuse de cette remarque. Ainsi un pendule Foucault supposé sensible éprouverait des sensations différentes au pôle et à l'équateur; différentes encore à l'équateur, suivant qu'il serait placé dans le plan de ce cercle ou dans le plan méridien. Au pôle il ressentirait un sentiment de torsion dans sa tige; à l'équateur, s'il oscillait dans le plan de ce cercle, il serait dans un état d'indifférence à l'égard de la rotation de la Terre; tandis que, placé dans le plan du méridien, il serait toujours dévié vers l'ouest et se sentirait par conséquent attiré vers l'est.

Or, ce qu'éprouverait ce pendule sensible, tout corps l'éprouve plus ou moins. Quand on transplante un arbre, les jardiniers disent qu'il faut avoir soin de l'orienter comme il l'était dans sa première place. L'animal n'est donc pas à l'abri de l'influence de l'orientation. Si je pivote sur moi-même, je subis sans contredit une modification dans ma manière

d'être; seulement la modification correspondante dans ma manière de sentir n'est pas assez puissante pour que je la remarque au milieu des effets plus considérables produits par d'autres causes.

Que faudrait-il pour qu'il en fût autrement? Il suffirait que je ressentisse d'une manière appréciable toute rotation de mon axe autour de sa position naturelle. Imaginons, par exemple, pour fixer les idées, que l'axe de mon corps soit un aimant; il est clair qu'abandonné à lui-même il prendrait une position semblable à celle de l'aiguille d'inclinaison. Mais je dois conserver la station verticale, et, par conséquent, je donne à mon axe une position forcée, et une tension. On conçoit dès lors que, dans de pareilles conditions, je m'apercevrais parfaitement bien de tout changement de lieu. Que je marche le long d'un méridien ou d'un parallèle, je le sentirai; tout au plus ne sentirai-je rien si je suis la ligne d'égale inclinaison. Enfin, sauf dans ce dernier cas, je pourrais certainement, grâce à ce sens, retrouver mon point de départ. C'est de cette manière qu'on pourrait s'expliquer la faculté des oiseaux voyageurs. En outre, j'aurais un organe d'orientation, un organe polaire, si un endroit de mon corps se sentait plus spécialement dirigé vers un lieu déterminé de la Terre.

On conçoit de même qu'un sens analogue au goût, à l'odorat, nous fasse reconnaître les métaux, les minerais, etc.

Or, ceci nous conduit à fortifier la comparaison que l'on a faite entre nos sens et nos instruments de physique. Que sont une boussole et une aiguille

d'inclinaison, sinon des moyens de suppléer au sens polaire qui nous manque? Un morceau de fer tenu à la main ne nous donnera-t-il pas le sens et à la fois l'organe magnétique? Le thermomètre nous donne un thermorgane permanent, le baromètre un barorgane. Les réactifs chimiques suppléent à l'insuffisance de l'organe du goût et de l'odorat et nous ont donné, pour ainsi dire, la vue des rayons lumineux qui sont au-delà et en deçà du spectre solaire. Et quand le télégraphe nous transmet instantanément la température, la pression, l'état magnétique, la direction du vent de tous les points du globe, n'est-ce pas comme si nous étions parvenus à placer nos sens à l'extrémité de bras ou d'antennes immenses plongeant dans l'espace où se forgent les tempêtes?

Analyse et classification des sens. — Il suit de là que nous avons autant d'organes de sens, et par suite autant de sens qu'il y a de fibres douées d'un mouvement spécifique propre. Ainsi l'on peut dire que nous avons quatre ou cinq organes du goût, puisque les fibres qui goûtent le doux ne sont pas celles qui goûtent l'amer, l'acide, le salé ou les alcools.

Cette manière d'envisager le sens du goût se confirmera par l'analyse que nous allons faire du sens de la vue. Nous allons le détailler en sens spéciaux comme nous avons détaillé la sensibilité générale en sensibilités spéciales.

Commençons par distinguer le sens de la lumière du sens des couleurs. L'œil peut être conformé de manière à être sensible aux rayons en tant que

lumineux et non en tant que colorés. A un œil semblable la nature apparaît comme une lithographie : les nuances variées y sont remplacées par les différents tons du gris. En d'autres termes, l'organe est sensible à la lumière, mais à une seule espèce de lumière (formule *a*A).

Imaginons maintenant qu'à côté de cet œil il s'en forme un second spécialement sensible à une autre espèce de lumière (formule *b*B). Il donnera naissance à des sensations différentes, quoique du même ordre que les premières. Mais là ne se bornent pas les résultats de la création de ce nouvel organe. Supposons que le premier œil ne voie rien que la lumière verte, il ne la voit pas comme verte, mais uniquement comme lumière. Admettons que le second œil ne perçoive que les rayons violets et n'oublions pas que, s'il était seul, il les percevrait comme lumière et non comme violets. Ceci n'est pas un paradoxe ; l'expérience peut même, jusqu'à un certain point, confirmer ces propositions. Si l'on nous enferme dans une chambre obscure où l'on ne laisse pénétrer que de la lumière jaune, ou rouge, ou bleue, cette lumière unique, malgré notre constitution et l'expérience acquise, nous apparaît presque comme blanche. C'est même sur cette remarque que se fonde l'explication d'illusions d'optique remarquables [1]. Or, du moment que l'on a deux organes pour deux lumières de natures différentes, on a, outre le sens de la lumière, celui de la couleur ; le vert s'opposera au violet, comme une

[1] Voir note à la fin.

espèce de lumière à une autre espèce; de plus, on saisira toutes les combinaisons possibles du vert et du violet; et la combinaison qui se présentera le plus souvent et à laquelle on s'habituera le mieux, sera considérée comme lumière normale, à la façon de ce que nous appelons lumière blanche (formule $aA + bB$).

Ce n'est pas là une hypothèse imaginaire. Il y a des personnes qui ne voient dans le spectre qu'une série de rayons; d'autres, plus nombreuses, y distinguent deux séries; les uns et les autres ont cependant quand même la notion de lumière blanche.

Maintenant qu'à ces deux organes différents vienne s'en ajouter un troisième destiné spécialement à distinguer la couleur rouge, on aura en somme un nouveau sens. Or notre œil normal, d'après l'hypothèse de Young [1], n'est que la réunion de ces trois yeux ou mieux de ces trois rétines en une seule. Les personnes qui n'ont que deux ou même un seul organe pour la lumière sont affectées de ce qu'on nomme le daltonisme. On conçoit maintenant sans peine que l'œil puisse se compléter encore par des organes nouveaux qui permettraient de saisir les rayons en deçà du rouge ou ceux au delà du violet. Aujourd'hui l'action de ces rayons se mélange à l'action des autres forces générales de la nature pour affecter exclusivement la sensibilité générale.

[1] Voir toutefois notre *Étude théorique et expérimentale sur le daltonisme*, faite en collaboration de *M. Spring*. (*Revue scientifique*, 1878.)

L'œil donc, comme on le voit, est un instrument assez imparfait comme sens des couleurs, car l'étendue de son activité est très restreinte. A cet égard il est de beaucoup inférieur à l'oreille. Si, en effet, on applique au sens de l'audition le genre d'analyse auquel on vient de soumettre celui de la vision, on sera porté à admettre à peu près autant de sens particuliers qu'il y a de tons différents percevables. Si l'oreille se compose essentiellement de fibres élastiques qui ne sont chacune en état que de vibrer à l'unisson d'un ton déterminé, on doit considérer chacune d'elles comme un organe propre. Et alors nous arrivons à un chiffre considérable d'organes analogues; ils se comptent par milliers; tandis que, pour ce qui concerne l'œil, dans l'hypothèse de Young, trois sortes d'organes appropriés à recevoir chacun l'impression d'une couleur différente, suffisent pour expliquer tous les phénomènes de la vision colorée.

Il resterait à analyser l'odorat. D'après ce qui précède, on voit que, vu la multiplicité des impressions compliquées qu'il peut nous fournir, il doit se composer au moins de deux organes simples, susceptibles isolément de nous procurer deux espèces de sensations simples, qui, par leur mélange dans des rapports infiniment variés, reproduisent toutes les odeurs que nous sentons. Il est possible que ce sens s'exerce au moyen d'un beaucoup plus grand nombre d'organes simples. La question n'est pas résolue physiologiquement ; mais théoriquement elle n'a plus rien d'obscur.

Quant aux lacunes que laissent entre eux nos

sens, elles sont comblées par cette sensibilité vague, indéterminée, qui fait que nous sommes affectés par les temps d'orage et les mille influences de toute nature auxquelles nous ne pouvons échapper. Ce fond sensible se compose d'un vaste système d'interférences.

Si l'on résume maintenant les résultats formulés jusqu'à présent, on peut classer les sens comme suit :

1° Des sens généraux, s'exerçant uniquement par des organes adventices, c'est-à-dire répandus uniformément sur tout le corps — tel est chez l'homme le sens de la température ;

2° Des sens spéciaux, s'exerçant uniquement par l'intermédiaire d'organes permanents, tels que la vue, l'ouïe, l'odorat. Les forces qui mettent ces organes en ébranlement n'ont sur le reste de la substance sensible qu'une action imperceptible ;

3° Des sens mixtes, c'est-à-dire répandus sur toute la surface du corps, ayant à leur service des organes permanents, mais donnant aussi lieu à la formation d'organes adventices — tel est chez l'homme le tact, peut-être le goût chez les poissons.

Une dernière remarque. Parmi les organes de sens de la première catégorie, il en est qui, à certains égards, rentrent dans la troisième, et qui consistent essentiellement en une surface dont les différents points sont eux-mêmes différenciés et renferment un organe *par excellence*. Tel est notre œil où la tache jaune est à la rétine ce qu'est à la main le bout des doigts.

DEUXIÈME PARTIE.

LA MOTILITÉ.

CHAPITRE PREMIER.

De la connaissance de l'extérieur.

Attributs cinématiques, attributs esthétiques de l'objet. — L'animal a maintenant des sensations différentes qualitativement et quantitativement; mais nous n'avons pas encore traité en détail de ses perceptions. Nous savons que celles-ci lui viennent par l'intermédiaire de la motilité ou du sentiment de l'effort. Nous avons à montrer quel rapport relie à la motilité la sensibilité et ses organes. Nous en avons déjà dit quelques mots à diverses reprises pour rendre certaines propositions intelligibles; mais la question a besoin d'être examinée et étudiée systématiquement. Parmi les attributs reconnus à l'objet, il en est que nous regardons comme nécessaires, fixes, permanents, et d'autres, comme ondoyants et divers. Les premiers se rattachent au mouvement, nous les appelons *cinématiques;* les seconds à la sensation, nous les appelons *esthétiques* [1]. Les uns nous sont révélés

[1] Cette distinction correspond à peu près à celle des *qualités premières* et des *qualités secondes*, qu'on trouve dans la plupart des traités de philosophie.

par la motilité sous la forme de notions ; les seconds par la sensibilité sous celle de qualités (sensibles). Le mouvement, la durée, le temps, la vitesse, la longueur, la distance, la direction, la situation ou le lieu, l'espace, la forme, telle est l'énumération complète des notions cinématiques. Il est impossible de faire l'énumération des qualités esthétiques, car leur nombre dépend du nombre de nos organes de sens : ce sont, par exemple, l'odeur, le goût, la couleur, le son, la température, etc.

Cette division est importante. Par les sensations seules l'être sensible ne peut sortir de lui-même, il ne peut avoir la notion d'un objet extérieur ; ce sont les phénomènes motiles qui le mettent à même de porter un jugement sur ce qui est en dehors de lui, et, par suite, d'être connaissant.

Sans contredit, l'animal le plus infime a une certaine notion du mouvement, de la durée, du lieu, de la forme ; et cependant il peut être aveugle, sourd, sans goût, sans odorat. On a vu comment il a l'idée de lumière, de son, etc. ; on sait que c'est par l'intermédiaire d'appareils spéciaux. Les idées du mouvement, du temps, de l'espace sont-elles fournies, elles aussi, par des appareils propres ? Nous allons essayer de prouver qu'elles dépendent uniquement du sentiment de l'effort en tant que *guidé* par un *organe de sens* adventice ou mieux permanent, *quel que soit d'ailleurs ce sens*. En conséquence, si l'on s'en rapporte à ce qui a été dit au début de ce travail, on peut accorder aux plantes les sensations (esthétiques), mais aux animaux seuls les notions (cinématiques).

Le jugement d'extériorité ou la perception externe. — Reprenons l'hypothèse d'un animal tout élémentaire, c'est-à-dire doué d'une sensibilité simple, et, dans l'univers, ne considérons qu'un corpuscule matériel. Imaginons que ce corpuscule agisse par contact sur l'animal en un point déterminé de son corps. Ce point touché est un organe adventice de pression, et l'animal y ressent une pression différenciée des autres pressions qu'il subit. L'animal n'a pourtant pas pour cela de sensation, car si la pression dure depuis un certain temps, l'animal s'y est accommodé, la sensation a disparu, et il s'est identifié avec le corpuscule. Mais comme il est doué de mouvement, il peut augmenter ou diminuer cette pression à son gré ; et il s'aperçoit que, du moment qu'il fait un certain effort, il en résulte pour lui une sensation positive ou négative suivant le sens de l'effort. *Cependant l'animal ne peut pas encore savoir que le corpuscule n'est pas lui.*

Il n'en est plus de même si le corpuscule est mobile. Admettons que, à la suite d'un mouvement de poussée de la part l'animal, le corpuscule vienne à se détacher, l'animal va éprouver une diminution de pression à laquelle il ne pouvait pas s'attendre. Au premier instant donc il a ressenti une pression, voulue à certains égards ; mais au deuxième instant, il ressent une diminution de pression qui n'est pas un effet de sa volonté.

Admettons maintenant que, par un nouvel effort voulu, il rejoigne le corpuscule et rétablisse l'égalité de pression ; il s'apercevra que cette égalité a été

obtenue par lui, *mais qu'elle est venue à la suite d'une diminution qu'il n'avait pas voulue.* C'est la comparaison entre les effets voulus et les mêmes effets non voulus qui lui donne l'idée de l'extérieur. Il arrive de cette façon à reconnaître qu'il y a *en dehors* de lui des choses qui sont causes comme lui-même est cause, mais qui, à certains égards, sont indépendantes de lui. C'est le premier jugement : *il y a quelque chose en dehors de moi* [1].

Mais ce jugement lui-même, on le sent, est une conclusion raisonnée. Pour le porter, il faut, en effet, que l'être sensible ait compris que cette résistance, cet arrêt dans son mouvement n'était pas voulu, ce qui suppose qu'il sait ce que c'est qu'un mouvement voulu ; et, d'un autre côté, il ne peut comprendre ce que c'est que la volonté s'il n'a éprouvé des sensations involontaires. Pour être averti de son existence, il faut qu'il éprouve un changement d'état, et pour juger qu'il y a changement d'état, il faut que son état antérieur lui soit connu. Nous tournons donc dans un cercle vicieux ; c'est-à-dire que nous ne pouvons comprendre com-

[1] Dans un ouvrage de vulgarisation faisant partie de la *Bibliothèque scientifique internationale*, et intitulé : *Les sens*, BERNSTEIN dit dans l'*Introduction* que « c'est la simultanéité de la sensation optique et de la sensation tactile qui nous amène graduellement la conviction que l'objet perçu par les deux sens se trouve dans le monde extérieur. » Cette doctrine, assez généralement admise, je ne puis la comprendre. Est-ce que les aveugles-nés n'ont pas la notion d'un monde extérieur ? est-ce que l'animal doué d'un sens unique n'a pas cette notion ?

ment se forme le premier jugement. Dès que nous avons ce premier jugement, nous nous rendons fort bien compte de la formation du second ; mais l'origine du premier nous échappe tout à fait.

Comme le jugement primitif implique volonté, conscience, raisonnement, intelligence, nous voilà amené à dire de ces facultés ce que nous avons dit de la sensibilité : que nous ne pouvons les faire naître d'autre chose, qu'elles sont irréductibles, créées ou éternelles au même titre que la matière et le mouvement.

L'animal s'est donc reconnu comme force, en même temps qu'il admet qu'il y a en dehors de lui quelque chose capable de résister à sa force, de contre-carrer sa volonté. Cette chose, c'est, pour lui comme pour nous, *la matière*. La matière, c'est le nom commun que nous donnons à toutes les forces qui arrêtent la volonté ; c'est ce qui est opposé au moi conscient, au moi esprit.

La notion du mouvement et les notions dérivées. — Poussons plus loin notre hypothèse. Imaginons que le corpuscule se meuve de lui-même, que ce soit comme une proie vivante, et que l'animal le poursuive. — Il est inutile, pensons-nous, de faire remarquer que, les termes de la supposition renversés, le raisonnement reste le même. — Pour le suivre, l'animal doit maintenir égale l'intensité de la pression, et pour cela il doit à chaque instant faire de nouveaux efforts. Ces efforts sont *voulus*, mais ils sont *commandés* par autre chose ; il sent qu'il *se meut*, mais il se dit que le corps *se meut* de même. Il acquiert de cette façon la notion

du *mouvement continu*, et le mouvement n'est pour lui que la manifestation sensible du déploiement de sa force [1].

La notion du mouvement résulte donc d'une suite de *comparaisons* entre des sentiments d'efforts et des sensations de pressions voulus sous un certain rapport, non voulus sous un autre rapport. Et l'on remarquera à ce sujet que cette comparaison n'est possible que grâce à l'opposition toujours actuelle entre l'état sensible de l'organe adventice et l'état sensible du reste du corps, le premier état se rapportant au présent, le second au passé [2]. Tels sont les jugements subséquents.

Nous avons supposé que le corpuscule agissait par contact ; le raisonnement eût été identique, si nous avions supposé qu'il agissait à distance. Qu'il soit un point lumineux ou sonore, une substance odorante, un foyer de chaleur, du moment qu'il détermine la formation d'un organe adventice, l'animal pourra à son gré augmenter ou diminuer la sensation qu'il éprouve, ou se donner pour tâche de la maintenir égale, ou encore la faire changer de

[1] On voit qu'il ne faut pas définir la force par le mouvement, mais le mouvement par la force. C'est ce que nous avons essayé de montrer dans notre *Essai de logique scientifique*, p. 271, en nous fondant sur d'autres raisons. Nous y avons défini le mouvement : *la mesure de la force*. Dans ce même ouvrage nous avons prouvé par d'autres voies la plupart des définitions et des propositions que nous ne ferons ici qu'indiquer.

[2] Voir pages 199 et suivante.

siège; et, le mouvement étant en son pouvoir, il peut renouveler l'augmentation ou la diminution, ou la rotation à son gré.

Cependant si le corpuscule est mobile lui-même, l'animal devra se régler sur lui, et ainsi son mouvement sera voulu dans son principe, mais non voulu quant à la direction.

Une fois que l'animal a la notion du mouvement, il a par là-même, d'une façon plus ou moins obscure, les autres notions cinématiques. La *durée* est, en effet, le mouvement abstrait. Le *temps* est un mouvement uniforme pris pour unité; la *vitesse*, le rapport du mouvement au temps. La *distance* est appréciée par la quantité d'effort nécessaire pour la parcourir ; la *direction*, grâce à la position du point affecté par le corpuscule relativement au corps de l'animal (voir plus bas). La notion de *situation* ou de *lieu* dans l'espace dérive de la combinaison des notions de distance et de direction. Pour se former, elle exige un grand nombre d'expériences ou la possession d'un organe très perfectionné comme l'œil. L'*espace*, c'est la synthèse des situations ou des lieux possibles. Enfin de ces mêmes notions découle la notion plus compliquée encore de *forme* qui est une synthèse de distances et de directions. En effet, la forme d'un triangle, par exemple, est donnée avec la grandeur et la direction de ses côtés.

Savoir où est un objet, c'est savoir quel mouvement il faut faire pour en recevoir telle ou telle sensation. Il ne s'agit pas ici, bien entendu, de la position dans le sens mathématique du mot. On est

censé connaître le lieu d'une chose quand on sait comment il faudrait se mouvoir pour s'en rapprocher ou s'en éloigner, ou s'en garer. Peu importe que cette chose existe ou n'existe pas (lumière réfléchie), ou quelle apparaisse là où elle n'est pas (lumière réfractée). Cette connaissance ne pourrait se produire sans la formation de l'organe adventice. Si, quand le vent souffle, nous éprouvions un effet général, c'est le hasard seul qui pourrait nous en préserver. Mais comme le vent donne lieu à la formation d'un organe adventice du côté où il souffle, nous devinons d'où il vient, et nous pouvons ou lui tourner le dos, ou interposer entre lui et nous des obstacles qui l'arrêtent.

L'orientation adventice et l'orientation permanente. — L'organe adventice produit donc chez l'animal une *orientation adventice*, et il peut en arriver à se créer temporairement des règles sur la manière dont il doit se rapprocher ou s'éloigner de la cause de la sensation. A son défaut, il serait déconcerté et ne pourrait suivre l'objet; avec son aide, il peut *s'orienter*. L'organe le *dirige*, c'est un pilote qui le guide, qui lui fait éviter les écueils et le conduit au port. Son rôle terminé, l'organe, s'il est adventice, disparaît, et l'expérience momentanément acquise est perdue pour l'avenir.

S'il est permanent, l'orientation de l'animal est permanente, il possède un *axe naturel*, passant par l'organe et, si l'on veut, le centre de gravité. Dès lors, il possède, à titre perpétuel, une règle et un compas pour apprécier la position, la forme et le mouvement des objets, il peut acquérir une expé-

rience qui lui reste, et il est *perfectible* en ce sens qu'il peut de plus en plus vite former son jugement sur la position des corps ou sur la route qu'ils suivent.

Le sens directeur et l'organe directeur. — Appelons *directeur* l'organe de sens, quel qu'il soit, qui, à un moment donné, guide la motilité. Le jugement sur la forme, la position et le mouvement des objets est d'autant plus exact que, d'un côté, cet organe est plus précis, et que, de l'autre côté, nous savons mieux apprécier les différences d'effort. Un exemple fera saisir notre pensée.

Si nous voulons déterminer la direction du vent, nous pouvons tourner la tête vers le point de l'horizon d'où il semble venir, et, par la position que nous devons prendre, nous trouvons le lieu d'origine. Mais cette détermination est assez vague, parce que l'organe par lequel nous nous mettons en rapport avec le vent, à savoir la peau du visage, occupe une grande étendue sans présenter des parties plus restreintes et notablement plus sensibles. Nous serons mieux servis par la main qui, se trouvant au bout du bras, peut se placer plus nettement encore dans la direction vraie. Tout le monde sait enfin que si l'on expose à l'air un doigt humecté, l'évaporation précisera davantage le point d'origine. Mais à coup sûr, si toute la surface de notre corps était à peu près insensible au mouvement de l'air, et que nous eussions un organe mobile en forme de tube, dont le fond serait seul sensible au vent, nous en déterminerions la direction d'autant plus exactement que le tube serait plus long et plus étroit.

Ce que nous disions de la direction peut se dire des distances et des grandeurs et, par conséquent, des formes. Il est clair que les notions de l'animal seront plus ou moins nettes suivant ses aptitudes à apprécier et à comparer les efforts qu'il fait en les parcourant.

Nous nous rendons en effet d'autant mieux compte de la forme d'un objet que nous en suivons les contours avec un instrument plus exact; par exemple, avec le corps en marchant, ou avec la main, ou avec l'œil, qui, à tous égards, peut être assimilé à ce tube dont nous parlions tantôt. Car on conçoit sans peine qu'il n'est pas nécessaire que l'animal entier se meuve, du moment qu'il a la faculté de mouvoir volontairement son organe autour de lui-même. L'organe fait l'office de la main que l'aveugle immobile promène sur le contour des objets qu'il tâte. Ainsi encore, supposé que ma main fût un thermorgane (et elle l'est, à certains égards, quand je la tiens loin de moi), je pourrais juger par elle de la forme d'une ligne isotherme, ou suivre dans sa route un corps incandescent. De même, l'œil est un organe directeur pour le sens de la motilité; car, par lui, nous pouvons juger de l'orbite d'un corps lumineux, ou parcourir une ligne d'égale lumière [1].

Les différents replis de la peau, les bras, les tentacules, les antennes, les oreilles, le nez, l'œil, peuvent servir tour à tour d'organe directeur. La

[1] Voir notre étude sur la *Formation de l'espace visuel* (*Revue phil.*, avril 1877).

peau des ailes de la chauve-souris, le nez du chien, l'oreille du chat sont pour ces animaux ce qu'est la main pour l'aveugle, l'œil pour l'oiseau. Et le bras que projette la monère n'est qu'un tentacule adventice qui sert à diriger ses mouvements et à la renseigner sur les objets de l'espace qu'elle occupe.

On a vu tantôt que l'organe directeur par excellence serait un point (et non une surface) sensible. Réduit à cette simplicité, l'organe présenterait cependant de grands inconvénients, car, l'objet une fois perdu, il serait difficile de le retrouver. Ainsi, les astronomes qui suivent une étoile avec leur télescope, ne pourraient pas avec cet instrument seul la retrouver si d'aventure ils la perdaient de vue; il faut pour cela qu'ils s'aident d'un chercheur. L'idéal d'un organe est donc une surface considérable dont chaque point ait une sensibilité différente et de plus en plus grande à mesure qu'il se rapproche d'un point central où la sensibilité est à son maximum. C'est le cas pour la peau du corps, comme nous le verrons; c'est aussi le cas pour l'œil, où la tache jaune joue le rôle de ce point central, organe directeur par excellence, et le reste de la rétine, celui de cette surface large où la sensibilité va en se dégradant à partir de la tache jaune d'une façon variée suivant chaque rayon. De sorte qu'un point lumineux frappant la rétine en un endroit déterminé, je sais ce qu'il faut faire pour en amener l'image sur la tache jaune.

Il résulte encore de là que nos instruments de physique et autres sont aussi pour nous des organes

directeurs artificiels : avec le thermomètre nous pouvons suivre les lignes isothermes; avec la boussole d'inclinaison et de déclinaison, les lignes magnétiques; avec le pendule, juger de la forme de la Terre, etc.

Toute la théorie de l'intelligence de l'animal est renfermée dans ces remarques. Nous savons maintenant comment il peut acquérir, d'une manière plus ou moins confuse, la notion de l'existence des corpuscules, et de leurs évolutions dans l'espace.

Telle est en germe la connaissance de l'univers. Multipliez les corpuscules, multipliez les sens, l'objet d'un côté sera d'autant plus vaste, l'expérience de l'autre, d'autant plus complète et plus rapide.

De l'effort et du sentiment de l'effort. — Dans ce qui précède, nous avons fait jouer le principal rôle au sentiment de l'effort. Ce sentiment naît à la suite des *résistances* qui s'opposent au mouvement *voulu*. L'animal, par exemple, veut fuir ou poursuivre un objet; mais le mouvement ne suit pas immédiatement sa volonté; il doit pour cela déployer un effort et vaincre certaines résistances qui proviennent d'un arrangement des molécules peu favorable au mouvement. Le mouvement cependant finit par se propager suivant la ligne des molécules, dont la vibration naturelle présente avec lui le moins de divergence; et, en se propageant, il diminue encore cette divergence. De là il résulte que le même mouvement, quand il est voulu une seconde fois, éprouve moins de résistance, exige moins d'effort; et à la longue, à force de répétitions, il finit par se faire avec le plus petit effort possible,

avec un effort tellement faible qu'il n'est plus senti. Le mouvement, d'abord pénible, devient ensuite facile, puis naturel, enfin machinal.

Comment l'enfant apprend-il à lire? Il doit d'abord se pénétrer de la forme des lettres. Dans les premiers temps, il confond les *a* et les *o*, les *n* et les *u*, les *b* et les *d*, les *p* et les *q*; il doit se livrer à beaucoup de comparaisons pour reconnaître leurs caractères distinctifs; chaque fois qu'il porte un jugement, qu'il dit d'un *a* que c'est un *a* et d'un *o* que c'est un *o*, il a dû se raisonner à lui-même le pourquoi de ce jugement. Mais par l'exercice, ce jugement devient de plus en plus rapide, de manière que, ce premier pas fait, on peut procéder avec lui à l'étude des syllabes. Il faut maintenant qu'il apprenne à distinguer *na* de *an*, *ou* de *uo*, *ie* de *ei*; nouvelles comparaisons, nouveaux raisonnements, nouveaux exercices; puis ces difficultés sont à leur tour surmontées. On aborde alors la connaissance des mots, puis des phrases. Que de temps, que d'efforts, que d'études sont nécessaires avant qu'il en arrive à lire couramment! Il y parvient cependant et, à la fin, il saisit immédiatement le sens d'une phrase par la simple inspection du texte, comme certains joueurs font d'un coup d'œil l'addition des points de cinq ou six dominos étalés devant eux. Arrivé à ce point, il n'a plus même conscience des actes préliminaires par lesquels il doit passer pour avoir l'intelligence de la phrase. Il ne s'aperçoit plus qu'il épelle, qu'il juge de la forme des lettres et de leur position respective dans les syllabes, etc.; il lui semble qu'il comprend d'emblée ce qu'il lit.

Et comment apprend-il à tracer les lettres avec sa plume, à les assembler pour en former des mots, à soigner l'orthographe? Tous les premiers mouvements sont voulus, sont faits avec pleine conscience — il est inutile que nous refassions notre analyse — et à la fin, il en arrivera à écrire sous la dictée, sans même faire attention aux paroles qui se prononcent. La main obéira d'elle-même au son qui frappera l'oreille.

L'enfant n'a pas procédé autrement pour apprendre à marcher ; tous ses pas ont d'abord été voulus, avant d'être naturels ; c'est ainsi qu'il apprend à voir ou plutôt à regarder, qu'il apprend à entendre, à odorer, à goûter.

Volonté, habitude, instinct, automatisme. — Dans ces perfectionnements successifs du mouvement, on peut distinguer quatre moments principaux reliés entre eux par un très grand nombre de moments intermédiaires : le mouvement *volontaire*, — *habituel*, — *instinctif*, — *réflexe*, autrement dit, *machinal* ou *automatique*.

On peut dire, d'une manière générale, que le mouvement est volontaire *quand on sait comment et pourquoi on le fait*, qu'il est habituel, quand on le fait *sans savoir comment ;* instinctif, quand on le fait *sans savoir pourquoi ;* réflexe ou automatique, quand on le fait *sans le savoir*.

L'*habitude* s'acquiert par l'*exercice*, c'est-à-dire par la répétition volontaire d'une série d'actes, lesquels finissent par se succéder de plus en plus rapidement et avec une dépense de force moindre.

L'habitude modifie l'organisme jusque dans les

ovules et les spermatozoïdes [1] ; la modification des parents se retrouve donc à un degré plus ou moins marqué chez les descendants sous forme d'*aptitude* ou de *besoin* d'abord, d'*instinct* ensuite.

Enfin, l'instinct lui-même finit par se transformer en *automatisme*, lorsque les mouvements se produisent à la suite d'une impression non sentie. Ils s'exécutent alors sans connaissance, mais la connaissance a présidé à leur naissance. Telle est l'explication de l'admirable finalité des mouvements réflexes, de leur appropriation au but.

Si l'on extirpe d'une manière convenable les hémisphères cérébraux de la grenouille, elle ne voit plus rien, n'entend plus rien, ne cherche plus sa nourriture. Mais si on la jette à l'eau, elle nage ; si on lui met de la nourriture dans la bouche, elle l'avale ; si on l'excite, elle sautera en évitant les obstacles auxquels elle pourrait se heurter. Coupez la grenouille en deux et laissez tomber une goutte d'acide sur l'une de ses pattes postérieures, l'autre patte cherchera à l'enlever. L'homme, dans certains états pathologiques, peut présenter des phénomènes absolument identiques.

Ce sont les mouvements réflexes qui faisaient dire à Descartes que les animaux sont des automates,

[1] C'est un phénomène analogue à l'aimantation d'un barreau d'acier. Ainsi encore une barre de fer dont la structure est primitivement fibreuse, finit, si elle est soumise à une traction prolongée (comme dans les ponts suspendus), par prendre une structure granuleuse, puis lamellaire.

et qui ont fait dire à Huxley que « ce sont des *machines*, *mais des machines conscientes* [1] ».

C'est l'habitude ou l'instinct, suivant le cas, qui fait que nous nous représentons comme douées d'existence matérielle les figures reflétées dans un miroir; c'est une habitude plus profonde et plus invétérée qui nous fait attribuer un corps aux images de nos rêves et de notre délire.

C'est par l'habitude que s'expliquent la plupart des illusions dont nous sommes souvent victimes. C'est par l'habitude enfin, par un exercice répété que nous dressons les animaux à notre usage.

Si le poulet, à peine sorti de l'œuf, se précipite sur le grain qu'on lui jette, si le veau ou le chevreau, immédiatement après leur naissance, savent se conduire dans leur étable, si l'oiseau construit son nid avec un art merveilleux, n'en doutez pas, chacun des détails de ces actes a été autrefois voulu, exécuté avec conscience, successivement et progressivement par leurs ancêtres.

Comme on le voit, l'explication que nous donnons de la transformation du mouvement voulu en mouvement réflexe, est fondée sur les mêmes principes que celle de la formation des organes adventices, permanents, puis spécifiques.

La conscience et l'intelligence. — De plus, à cette gradation dans la perfection du mouvement correspond une dégradation dans l'intervention de la volonté. A mesure que l'effort est moindre, le

[1] Voir la *Revue scientifique*, n° du 24 octobre 1874.

sentiment de l'effort qui n'est autre que ce qu'on appelle *conscience*, est moins prononcé. L'état de conscience passe insensiblement à l'état d'inconscience; la conscience accompagne toujours la volonté, elle n'accompagne jamais la réflexivité. La conscience décroît vers l'inconscience à mesure que le mouvement, d'abord tout volontaire, devient de plus en plus automatique.

L'explication que nous donnons ici des phénomènes psychiques est l'inverse de ce que l'on soutient ordinairement. On dit généralement que l'intelligence passe de l'état d'inconscience à l'état de conscience. Nous pensons le contraire. Tous nos actes intellectuels ont commencé par être conscients sinon en nous, du moins en nos ancêtres. Le domaine de l'inconscience a été formé par les dépôts des âges passés, par l'accumulation des traces *fixées* des impressions reçues, et il a son expression physique variable dans le *caractère spécifique* de l'individu, caractère obtenu par une action lente et qui peut être également détruit à la longue. La vie consciente de l'individu favorise ses progrès personnels, dont quelques-uns passeront à sa descendance sous forme d'aptitudes d'abord, d'instincts ensuite, et, en dernier lieu, de connexions réflexes.

Il est donc possible et même probable que la partie du système nerveux qui ne sert pas à la vie consciente actuelle, est formée par la stratification, la pétrification des vies conscientes passées, fixées en vies inconscientes. C'est ainsi que, dans les arbres, chaque fibre du bois n'est que la trace désormais fixée du développement annuel de chacun des bour-

geons qui ont vécu, et que le tronc entier sert de support aux générations nouvelles. L'animalité est un grand arbre, mais présentant ceci de particulier que chaque bourgeon, en tant que poussant sur la tige qui lui a donné naissance, ajoute quelque chose de nouveau au caractère maternel. Nous avons vu que c'est dans l'organe que gît la raison de ce progrès pour ainsi dire fatal, progrès vers le développement ou aussi parfois vers la dégénérescence.

Ce passage de la conscience à l'inconscience on peut l'observer tous les jours. En voici un exemple, à notre avis, concluant. J'avais donné à ma petite fille de sept ans la table de multiplication à apprendre. Pour faciliter la chose, je lui avais d'abord montré les propriétés des produits du facteur 9, à savoir que le premier chiffre du produit est égal à l'autre facteur diminué d'une unité, et que le second chiffre est tel qu'ajouté au premier il donne 9. Ainsi 7 fois 9 font 63, où 6 est égal à 7 moins 1, et 3 égal à 9 moins 6. Je lui avais ensuite donné la règle des produits où entre le facteur 5, à savoir que le premier chiffre du produit est égal à la moitié de l'autre facteur, et qu'il faut après ce chiffre mettre un 0 ou 5 suivant que cette moitié est exacte ou non. Cela dit, comme la multiplication par 2 et par 3 est facile, il ne lui restait à apprendre que les produits formés par les facteurs 4, 6, 7 et 8 combinés entre eux, produits dont quelques-uns se forment en outre facilement au moyen des précédents supposés connus. Immédiatement donc ma petite fille connaissait à peu près toute la table. Comme on le devine, la réponse à chaque question, exigeant d'elle

un petit calcul, demandait un temps de réflexion assez notable.

J'étais très satisfait de ce résultat. A trois ou quatre jours de là, un ami vint me voir, et, voulant lui montrer les avantages de mon procédé, je le priai d'interroger l'enfant. Elle répondit imperturbablement sans commettre une seule erreur; toutefois, avant de répondre, elle réfléchissait pendant un temps encore assez long. Pour parfaire la démonstration, mon ami lui demanda de nous expliquer tout haut ce qu'elle pensait tout bas. « Je cherche à me souvenir, » répondit-elle. Je dois dire que je n'avais plus songé depuis le premier jour à lui faire répéter de vive voix le procédé de raisonnement. J'insistai à mon tour. « Que fais-tu pour te souvenir? » lui dis-je. Je ne pus obtenir d'autre réponse. La petite ne savait déjà plus ce qu'elle faisait : l'effort qu'exigeait le raisonnement avait sans doute perdu le degré d'énergie requis pour être l'objet d'un acte manifeste de conscience.

Cet exemple me paraît frappant, parce qu'il permet de saisir, pour ainsi dire, ce moment de transition où le raisonnement lui-même devient inconscient.

Quand l'enfant s'essaie à marcher, tous ses mouvements sont voulus; plus tard ils sont habituels; ils pourraient être instinctifs; et ils le deviendront sans doute à la longue, si notre espèce se perpétue longtemps sur cette terre, comme ils le sont devenus chez les jeunes veaux et les jeunes chèvres qui sautent et se conduisent dès leur naissance.

L'intelligence progresse donc, elle aussi, vers l'instinct et l'automatisme. L'intelligence consciente est l'ébauche embryonnaire d'une faculté dont l'instinct constitue une forme plus élevée, et l'automatisme l'expression parfaite. Cette proposition peut paraître paradoxale. Mais en fait, l'ouvrier obligé de réfléchir continuellement à la manière dont il doit manier son outil et au but de chacun de ses mouvements, n'est-il pas au-dessous de celui qui, maître de sa main et de son art, exécute son travail machinalement, et peut, tout en travaillant, chanter, causer ou penser à son aise ?

L'intelligence aboutit ainsi à sa négation, à l'automatisme qui n'en est, pour ainsi dire, que la cristallisation. N'oublions pas toutefois que l'instinct et l'automatisme sont imperfectibles par cela même qu'ils sont parfaits ou à peu près, tandis que l'intelligence est l'instrument indispensable du progrès tant de l'individu que de l'espèce.

CHAPITRE DEUXIÈME.

De la connaissance de soi.

Le sens du toucher. — Il ne reste plus qu'un dernier point à élucider, pour terminer l'exposé de la théorie de l'intelligence, et pour clôturer en même temps celle de la sensibilité. Il a rapport au sens du toucher. Ce sens possède en effet des caractères qu'il ne partage avec aucun autre, et on lui attribue souvent des propriétés qui appartiennent à la motilité.

D'après nous, le sens du toucher est essentiellement le sens de la pression. Il est fondamental, car toute cause physique peut se ramener à une pression. Aussi ne peut-on concevoir un être qui ne possède pas ce sens, bien que nous puissions, par la pensée, lui enlever tous les autres. Supposer qu'il n'ait pas le sens du toucher, c'est admettre qu'il puisse être détruit par écrasement sans qu'il s'en aperçoive.

Nous disons *pression*, avec intention, bien que ce terme donne lieu à une confusion apparente, et, au fond cependant, parfaitement légitime. Ce terme éveille, en effet, l'idée de la pression atmosphérique ou d'autres pressions analogues, qui ne font éprouver aucune sensation ; et il semble que le contact soit une pression d'une nature toute particulière. En réalité, le contact et la pression atmosphérique sont identiques de nature ; seulement nous sentons l'un parce qu'il est différencié, et l'autre ne se sent pas parce qu'elle est uniforme et qu'elle ne donne pas naissance à un organe adventice, excepté quand le vent souffle. S'il était possible d'augmenter ou de diminuer en un endroit *circonscrit* la pression atmosphérique, nous y éprouverions une sensation de *compression* ou de *succion*. Un poids qu'on supporte exerce une action de compression ; la ventouse, une action de succion. On voit donc qu'en dernière analyse le toucher est le sens de la pression, et qu'il fournit des sensations *positives* de compression, et *négatives* de succion, quand la pression est circonscrite à une partie du corps [1].

[1] Voir p. 177.

La sensibilité pour le contact se répartit nécessairement d'une manière variée sur le corps. Même l'animal le plus rudimentaire, la monère, par exemple, ne peut être également sensible en tous les points de sa surface ; il faudrait pour cela qu'elle fût parfaitement sphérique et intérieurement homogène. A un moment donné, pour une forme déterminée, la sensibilité est inégalement distribuée en elle. Nous pouvons donc sans inconvénient raisonner sur un animal plus compliqué, comme l'homme, par exemple, chez qui la différenciation est permanente.

Répartition sur le corps de la sensibilité tactile. — Chaque point de notre corps, comme on sait, est plus ou moins affecté par un poids qui le charge ; et il y a pour chacun d'eux un poids minimum au-dessous duquel la pression n'est plus sentie. Si l'on inscrit sur chaque point du corps le poids minimum donnant une sensation de pression, on aura, pour ainsi dire, dressé la carte de la sensibilité à cet égard. Or, on trouve que cette sensibilité est plus grande à certaines places déterminées ; ces endroits seront par élection des organes directeurs. Le corps entier présente donc les avantages de cette surface dont nous parlions plus haut ; c'est comme un observatoire où il y a plusieurs télescopes et un très grand nombre de chercheurs [1]. Peu à peu l'animal se familiarise si bien avec la topographie de son individu qu'il sait, par exemple, quel mouvement il doit faire pour augmenter ou

[1] Voir p. 232.

diminuer la pression, ou pour l'amener à une autre place. Comment a-t-il acquis cette connaissance de lui-même? grâce aux organes directeurs; ils lui donnent en effet le moyen de tracer par le sentiment sur son propre corps des méridiens et des parallèles. Ne considérons qu'un organe de cette nature, et appelons, par exemple, *avant*, le lieu où il est situé — l'animal saura, grâce à l'axe passant par ce point et le centre de gravité que la motilité lui fait connaître, ce que c'est que l'*arrière*, la *gauche*, la *droite*, le *dessus* et le *dessous*, et il devinera quel mouvement il devra faire, s'il est affecté en quelque endroit, pour mettre cet endroit à l'abri ou le rapprocher de l'objet, suivant qu'il éprouve de la peine ou du plaisir.

La connaissance de la topographie corporelle est donc due au sentiment de l'effort; elle s'acquiert plus ou moins lentement suivant la disposition des membres. La conformation la plus avantageuse pour obtenir rapidement cette connaissance, est, sans contredit, celle qui permet à l'animal de se toucher lui-même; car de cette façon il a continuellement à sa disposition les instruments de ses expériences. Sous ce rapport, le corps de l'homme est certainement l'un des mieux organisés; car nos mains peuvent se promener sur tout notre corps; et de plus, comme nous avons dix doigts, nos progrès sont plus accélérés que si nous n'en avions qu'un (à la façon de l'éléphant, par exemple.)

Localisation des impressions. — Cette propriété du toucher permet la localisation des impressions. Cette *localisation* est d'autant plus

rapide et plus précise en un endroit déterminé que cet endroit est nécessairement touché plus souvent et par un instrument plus précis : la délicatesse du bout de la langue en est une preuve. De là la faculté localisatrice est surtout accumulée dans les parties qui se touchent elles-mêmes, aux plis et aux faces internes des membres. Nous avons vu plus haut que les faces externes devaient être naturellement plus sensibles à la pression; nous voyons maintenant la raison de la propriété des faces internes. Ainsi le dos de la main sentira des pressions très légères, mais vous ne pourrez désigner avec précision l'endroit touché, tandis que la paume de la main, un peu moins sensible à la pression, vous avertit immédiatement du lieu du contact.

C'est sans doute pour la raison contraire que la faculté localisatrice est à son minimum au dos. Ainsi, quand vous promenez sur le dos deux pointes de compas, elles peuvent être distantes de deux à trois centimètres, sans que la sensation cesse d'être simple.

La localisation est donc un effet de l'exercice. La finesse du toucher chez l'aveugle vient à l'appui de cette proposition. Il est possible et même probable que c'est le manque d'exercice qui fait que certaines parties de notre corps ont une faculté localisatrice obtuse; mais, en les exerçant, on peut, aujourd'hui encore et assez rapidement, leur donner de nouvelles aptitudes. Nous avons répété nous-même sur notre avant-bras gauche la fameuse expérience des deux pointes de compas; après un quart-d'heure d'épreuves, il avait beaucoup gagné en faculté loca-

lisatrice, et, chose remarquable, l'autre avant-bras, qui n'avait pourtant pas été l'objet de notre sollicitude, avait progressé en même temps que lui. Volkmann a rassemblé à ce sujet des faits extrêmement intéressants qui s'expliquent de cette façon [1]. Telle est la cause de la répartition sur le corps des *cercles de sensation* de Weber [2].

La faculté de localisation que nous devons au sens du toucher, nous conduit à la localisation des autres organes de sens; nous savons par elle où sont nos yeux, etc.; tandis que l'œil, par exemple, ne saurait en aucune façon nous apprendre où est l'oreille. De là nous assimilons à des sensations toute irritation d'une partie des organes du tact soit de la peau, soit des muqueuses; nous disons la sensation de la soif, parce qu'elle se fait sentir dans l'arrière-gorge; la sensation de la faim, qui affecte les organes digestifs; la sensation vénérienne qui a son siége dans les organes de la génération. La douleur elle-même se localise, et l'on dira une sensation rhumatismale dans le genou. Ce ne sont pas là à proprement parler des sensations; c'est un plaisir ou une peine attachée à l'excitation d'un organe du toucher.

Définition du moi. — Nous pouvons donc

[1] Voir les *Sitzungsberichte der Leipziger Gesellschaft*, 1858, p. 38.

[2] Voir WUNDT, *Grundzüge*, etc., p. 472, sqq. Je n'admets donc pas que l'exercice ne fasse qu'influer sur la distribution de la faculté localisatrice; je pense, au contraire, qu'il en contient la raison.

donner du *moi* la définition suivante : *Le moi est pour l'être sensible ce qui lui procure toujours une même sensation, chaque fois que sa volonté est la même.*

L'animal regarde comme étant lui, comme faisant partie intégrante de son être, tout ce qui lui procure, du moment où il le veut, une sensation déterminée et attendue. L'huître regarde évidemment comme une portion d'elle-même ses deux valves, et probablement la roche sur laquelle elle s'attache. Supposons un zoophyte qui est fixé sur une pierre dans l'excavation d'un rocher. Chaque fois qu'il étend ses bras, il en touche les parois ; celles-ci doivent, à son sens, faire partie de lui-même, et sont pour lui ce que sa coquille est au colimaçon. Le polype qui, chaque fois qu'il sort de sa demeure, voit toujours autour de lui les mêmes objets immobiles, s'identifie avec eux. Ainsi l'enfant qui ne sortirait jamais de son berceau pourrait croire que ce berceau fait partie de son être ; et si nous venions au monde avec des vêtements qui ne nous quitteraient pas, ils nous apparaîtraient comme appartenant à notre personne, au même titre que les poils, les cheveux, les ongles, l'épiderme. En un mot, l'animal regarde comme n'étant pas différent de lui ce qui lui procure toujours une même sensation chaque fois que sa volonté est la même. Le non-moi, c'est pour lui tout le reste, ce qui agit sur lui sans la participation de sa volonté et malgré sa volonté. C'est la source de l'imprévu, de l'inattendu, des surprises. Il peut se tromper sur son étendue, comme sur celle du moi. Il peut la juger ou moindre ou plus grande

que la réalité. Si, avant toute expérience ultérieure, l'homme avait la possibilité de regarder ce qui se passe en lui, s'il pouvait voir son cœur battre, son sang circuler, certes, il considérerait, au premier abord, ces organes comme étant étrangers à son être, parce que leurs mouvements ne sont pas et ne peuvent être voulus. Il finirait néanmoins par les attribuer au moi, à la suite d'une étude plus complète, comme nous venons de le voir.

Pseudo-sensations tactiles. — Tel est exclusivement le sens du tact; mais on lui attribue parfois des fonctions qu'il ne remplit pas. On dit, par exemple, qu'il nous donne les notions du dur et du mou, du fluide, du visqueux et du solide, du poli et du raboteux. C'est une erreur qui provient de ce que le tact est un précieux auxiliaire de la motilité. En effet, ses organes par excellence, les doigts ont une forme conique dont le sommet est doué d'une sensibilité exquise et sont attachés à l'extrémité d'un levier considérable, le bras; et par là ils sont éminemment propres à apprécier les moindres efforts. Ainsi nous jugerons qu'une surface est polie ou raboteuse, suivant que la partie saillante de nos doigts n'éprouvera pas ou éprouvera des arrêts en se promenant sur cette surface. Nous serons avertis de l'arrêt par la motilité. Nous disons d'un corps qu'il est mou ou dur d'après la vitesse avec laquelle nous le traversons quand nous faisons un effort déterminé ou encore suivant que la pression augmentera indéfiniment ou acquerra un maximum impossible à dépasser. Nous reconnaîtrons si un corps est visqueux ou fluide, par la résistance

qu'il présentera à nos efforts, ou l'attraction qu'il exercera sur nous, ou la résistance qu'il présentera au glissement de nos doigts sur sa surface ou dans sa substance. Comme on le voit, ces prétendues sensations sont des jugements fondés sur des sensations combinées avec les sentiments des efforts nécessaires pour vaincre certaines résistances; on n'a pas la sensation du dur, on juge qu'un corps est dur.

Nous sommes au terme de notre tâche. Nous croyons avoir justifié notre proposition fondamentale, que la sensibilité, une fois donnée sous sa forme la plus simple, évolue nécessairement vers des formes de plus en plus compliquées.

NOTE SUR UNE ILLUSION D'OPTIQUE. (V. p. 218.)

Donnons un seul exemple des illusions ayant leur cause dans les habitudes acquises.

« Représentez-vous une chambre obscure dans le volet de laquelle sont pratiquées deux ouvertures ; l'une d'elles, B, laisse pénétrer la lumière blanche ; l'autre R, grâce à une vitre colorée, ne laisse pénétrer que la lumière rouge. L'intérieur de la chambre, et notamment la paroi opposée que nous supposons être blanche, sont donc éclairées par un mélange de lumière blanche et de lumière rouge, c'est-à-dire, en somme, par de la lumière rouge un peu affaiblie. Imaginez qu'on place un corps opaque C, un bâton, par exemple, sur le passage des rayons lumineux. Deux ombres, *b* et *r*, seront projetées sur la paroi. L'ombre *b* ne recevra aucun rayon rouge; elle sera uniquement éclairée par la lumière blanche émanée de l'ouverture B; elle sera donc, en réalité, blanche ou plutôt grise — car nous appelons gris un blanc moins clair. De son côté, l'ombre *r* ne sera aucunement éclairée par la lumière blanche; mais, en revanche, elle le sera par la lumière rouge émanant de l'ouverture R. Et, en effet, elle vous paraîtra d'un rouge vif. Mais la paroi semblera d'un rouge très-pâle, et l'ombre *b*, vous la jugerez d'un vert intense.

» Cette apparence ne repose sur aucune raison physique ou physiologique, car la partie de la rétine sur laquelle tombe l'image de l'ombre *b*, n'est objectivement ni subjectivement affectée en vert.

» Cependant, vous soupçonnez sans peine que c'est à la présence de la vitre rouge placée en R qu'est due cette illusion. En effet, si nous ôtons cette vitre, bien que l'ombre *b* continue à recevoir exactement la même lumière qu'auparavant, tant en qualité qu'en quantité, elle vous apparaîtra grise; et si nous substituons à la vitre rouge une vitre verte, elle vous apparaîtra rouge.

» Vous pouvez donc, avec raison d'ailleurs, soupçonner que c'est dans la couleur de la lumière répandue dans la chambre que réside la cause de l'erreur. Poussons l'expérience plus loin. Rétablissons les choses dans leur état primitif, et considérez l'ombre *b*, que vous voyez verte, à travers un tube étroit qui vous permet de voir l'ombre sans en voir les bords. Elle persiste à vous paraître verte. Supprimons la vitre rouge, pendant que vous continuez à regarder l'ombre à travers le tube, vous la voyez toujours verte. Remplaçons la vitre rouge par une vitre verte, bleue, jaune, de n'importe quelle couleur, l'ombre ne change pas d'aspect.

» Faisons l'expérience en sens inverse. Supprimons le verre coloré et écartez le tube de votre œil. Vous le savez, l'ombre vous apparaîtra grise, comme elle l'est, en effet. Reprenez votre tube et considérez de nouveau l'ombre, vous la jugerez grise. Pendant que vous êtes dans cette position, nous replaçons la vitre rouge, puis nous lui en substituons une verte, une bleue, une jaune; notre jugement ne varie pas : l'ombre est grise.

« Combinons les deux expériences, et cette ombre *b*, qui en fait est grise, passera coup sur coup par toutes les couleurs, sans que l'on puisse assigner aucune cause physique ou physiologique au phénomène.

» Remettons encore une fois tout dans son premier état : la vitre rouge est placée à l'ouverture R, l'ombre *b* est jugée verte.

» Vous mettez ensuite le tube à l'œil de manière à ne voir que l'ombre. Vous savez que celle-ci vous apparaît du même vert. Enlevez la vitre rouge, votre jugement ne varie pas. Mais supprimez votre tube, ou, ce qui revient au même, écartez-le légèrement de sa position première, de manière à voir un des bords de l'ombre ; celle-ci vous apparaîtra immédiatement grise. Reprenez le tube de manière à ne voir que l'ombre. Vous vous attendez à revoir celle-ci verte. Pas le moins du monde, vous la voyez grise. Nous allons replacer la vitre rouge. Cette fois-ci, vous en êtes certain, vous devez voir votre ombre verte. Erreur ! vous la voyez encore grise,

Mais si vous écartez de nouveau le tube de manière à voir un bord de l'ombre, la couleur verte reparaît. Si vous remettez ensuite le tube dans sa première position, vous la verrez verte comme auparavant, et nous pourrons recommencer le cercle de nos expériences. Si l'on varie les couleurs de la vitre placée à l'ouverture R, on pourra, en procédant de la même façon, faire passer l'ombre *b* par toutes les couleurs du spectre, en écartant ou en redisposant le tube au moment voulu. »

La cause de l'erreur est toute psychologique et repose sur l'habitude. Nous nous sommes exercés à reconnaître les couleurs à travers les modifications de la lumière ambiante. Physiquement parlant, le vert vu à travers du rouge doit paraître grisâtre; mais notre *jugement* redresse cet effet; comme nous voyons que le gris qui frappe notre œil est perçu à travers le rouge, nous en *concluons* que ce gris provient nécessairement du vert, car le vert seul est vu gris à travers le rouge.

Ici l'habitude *rectifie* l'impression faite sur nos sens. Mais dans l'expérience ci-dessus relatée, cette même habitude engendre l'erreur. Nous jugeons verte l'ombre *b* qui, en réalité, est grise, uniquement parce que nous nous figurons la voir à travers la lumière rouge, puisque le rouge est la lumière ambiante. Une fois que nous l'avons jugée verte, si nous prenons le tube, il n'y a pour nous aucune raison de changer d'avis; et il n'existe pas davantage de raison quand on supprime la vitre rouge, puisque nous n'éprouvons aucun changement d'état. Mais la vitre rouge étant supprimée et notre tube écarté, nous jugeons tout de suite que la tache est grise, parce que nous croyons l'apercevoir à travers la lumière blanche; et quand nous replaçons notre tube devant l'œil, nous persistons à la juger grise, quelque changement que l'on fasse à la lumière venant de l'ouverture R, parce que, encore une fois, nous n'éprouvons aucune variation d'état de nature à modifier notre jugement.

(Voir pour plus de détails notre *Psychologie comme science naturelle.*)

TABLE DES MATIÈRES.

ÉTUDE PSYCHOPHYSIQUE.

INTRODUCTION.

Le problème de la psychophysique, 1. — Conditions de la mesure des faits internes, 3. — Historique et terminologie, 6. — Les trois méthodes généralement usitées pour mesurer les sensations, 7. — Critique des méthodes, 10. — La loi dite de Weber, 12.

Critique de la formule de Fechner, page 16.

La sensation nulle; le seuil, 17. — La sensation négative, 20. La sensation égale à l'infini négatif, 21. — Désaccord entre la formule et les faits d'expérience, 22. — Insuffisance de la formule aux limites inférieures et supérieures, 25. — Défaut de la formule à l'égard de la mesure absolue de l'excitation, 28. — Conclusion, 30.

PARTIE THÉORIQUE.

Fondements de la correction à apporter à la formule de Fechner, 32. — La constante *c*, 33. — Les excitations sub-

jectives, 36. — L'accommodation de l'organe, 38. — Formule hypothétique de la loi de l'épuisement, 41. — Formule de la loi de la sensation, 42. — Discussion, 43. — Loi des rapports des accroissements de dépense et de fatigue, d'excitation et de sensation, 44. — Étendue du champ de l'action normale de la sensibilité, 46. — Considérations finales, 49. — Explications sur le rôle de la quantité f, 50.

PARTIE EXPÉRIMENTALE.

Expériences relatives à la sensation, p. 56.

Description de la méthode et des appareils, 56. — Premier tableau, 61. — Essais annulés, 62. — Description des expériences, 64. — Discussion, 67. — Résumé des expériences subséquentes, 69. — Discussion de la formule qui donne la valeur de c, 70. — Expérience et théorèmes ayant trait à la quantité c, 71. — Expériences de vérification et de confirmation, 72. — Le contraste ne dépend pas uniquement du rapport des excitations, mais aussi de leur grandeur absolue, 75. — Expériences, 76. — Expériences pour déterminer la valeur de c, et conséquence à en tirer, 79. — Détermination de la courbe des excitations, 81. — Expériences, 85. — Considérations finales sur la loi de la sensation, 89.

Expériences relatives à l'épuisement, page 92.

Description de la méthode et hypothèse, 92. — Précautions à prendre, 94. — Difficultés et différences personnelles, 95. — Caractères généraux des fins de série, 98. — Difficultés de la mise en œuvre des résultats, 99. — Méthode employée, 101. — Expériences, 103. — Conclusions, 104. — Appendice, démonstration des théorèmes IV, V et VI, 106.

CORRESPONDANCE A PROPOS DE LA LOI DE FECHNER.

Première lettre de M. J. Tannery, page 109. — Réponse de M. Ribot, 115. — Réponse de M. Delbœuf, 117. — Réponse

de M. Wundt, 128. — Deuxième lettre de M. J. Tannery, 132. — Réponse de M. Delbœuf, 139.

THÉORIE GÉNÉRALE DE LA SENSIBILITÉ.

INTRODUCTION, page 147.

But et plan de l'ouvrage, 147. — Définitions de l'impression, de l'excitation, de la sensation, de la perception, 149. — La motilité, condition de la perception, 150. — La sensibilité ne peut se définir, 153. — Décomposition d'un phénomène complexe en ses éléments simples, 159. — Position du problème, 161.

PREMIÈRE PARTIE. — LA SENSIBILITÉ.

CHAPITRE PREMIER. — La sensibilité simple, page 164.

État de la question, 164. — Examen nouveau de la question. Discussion des sensations de température, 168. — Formule de la relation qui lie la sensation à l'excitation, 171. — Première loi : loi de dégradation, 173. — Deuxième loi : loi de progression, 175. — Troisième loi : loi de tension, 179. — Résumé, 182. — L'équilibre statique et l'équilibre dynamique, 182. — L'équilibre naturel et l'équilibre de tension, 186. — Le plaisir et la peine, 189. — Analogies entre les lois de la sensation et certaines lois physiques, 192. — Mesure de la sensibilité et causes de l'insensibilité, 194.

CHAPITRE DEUXIÈME. — L'organisation simple, page 197.

Organisme homogène, 197. — Organisme à organe de sens adventice, 198. — Organisme à organe de sens permanent, 201. — Résumé, 204. — Fonctions des organes de sens, 205 Formation et position des organes de sens, 207.

CHAPITRE TROISIÈME. — La sensibilité et l'organisme composés, page 211.

La qualité de la sensation, 211. — La spécificité des organes de sens, 212. — Formation hypothétique d'un sens magnétique et d'un sens polaire, 213. — Analyse et classification des sens, 217.

DEUXIÈME PARTIE. — LA MOTILITÉ.

CHAPITRE PREMIER. — De la connaissance de l'extérieur, page 222.

Attributs cinématiques, attributs esthétiques de l'objet, 222. — Le jugement d'extériorité ou la perception externe, 224. — La notion du mouvement et les notions dérivées, 226. — L'orientation adventice et l'orientation permanente, 229. — Le sens directeur et l'organe directeur, 230. — De l'effort et du sentiment de l'effort, 233. — Volonté, habitude, instinct, automatisme, 235. — La conscience et l'intelligence, 237.

CHAPITRE DEUXIÈME. — De la connaissance de soi, page 241.

Le sens du toucher, 241. — Répartition sur le corps de la sensibilité tactile, 243. — Localisation des impressions, 244. — Définition du moi, 246. — Pseudo-sensations tactiles, 248.

Note sur une illusion d'optique, page 249.